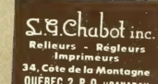


U d'/ of Ottawa
39003015622920



L.G.Chabot inc.
Relieurs - Régleurs
Imprimeurs
34, Côte de la Montagne
QUÉBEC 2, P.Q.



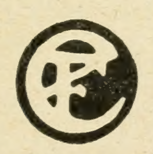
L'emploi des Rayons X en médecine

Bibliothèque des Connaissances médicales
DIRIGÉE PAR LE DOCTEUR APERT

Dr PAUL DUHEM
LABORATOIRE DE RADIOLOGIE DE L'HÔPITAL DES « ENFANTS MALADES »

emploi des Rayons X en médecine

AVEC 67 FIGURES DANS LE TEXTE



PARIS
ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR
26, RUE RACINE, 26

1922

AVANT-PROPOS

Il y a vingt-cinq ans à peine, et à peu près unique-
ent par l'effet du hasard, un physicien allemand,
entgen, professeur à Würtzbourg, découvrait les
ıyons X.

Depuis, ces mystérieux rayons, qui permettent de
ir à travers les corps opaques, ont naturellement
is une telle place dans la pratique médicale, qu'il
ıdrait de gros volumes pour en exposer en détail
ıtes les applications.

C'est dire que ce petit livre n'a pas une prétention
mblable, et qu'il n'a pas été écrit pour les spécia-
tes de la Radiologie.

Les études entreprises sur les radiations électro-
agnétiques, comme sur les rayons cathodiques ou
r le rayonnement du radium, ont fait faire à la
ience un bond prodigieux en avant. Elles ont déter-
iné l'apparition de la théorie électronique qui est
train de bouleverser toutes nos anciennes concep-
ons sur la physique du monde et la constitution de
matière.

Malheureusement, le médecin ne peut guère
garder que par la fenêtre dans les laboratoires de
ysique, et c'est dans nos services de radiologie des
pitaux, où le champ d'expérience est si vaste, qu'il

peut se rendre compte des méthodes d'application, des détails de la technique, et juger de l'excellence des résultats obtenus.

Nous n'avons eu d'autre but, en ces quelques pages, que d'indiquer, d'une façon aussi simple et aussi concise que possible, l'emploi que l'on peut faire en médecine, des rayons X, le rôle considérable qu'ils jouent comme élément de diagnostic ou comme agent de thérapeutique, bref l'ensemble des services que tout praticien est en droit de leur demander chaque jour.

Nous n'avons pas voulu entrer dans la description détaillée des divers appareillages coûteux et compliqués qui sont indispensables aux spécialistes. Dans cet ordre d'idées d'ailleurs, le dernier mot est loin d'être dit.

Nous n'avons pas voulu non plus faire la bibliographie complète pas plus que l'historique des travaux considérables qu'ont suscités de toute part, l'étude des mystérieuses radiations ; et nous n'avons cité, par-ci par-là, que quelques auteurs dont les noms sont inséparables de certaines recherches.

Nous adressant aux praticiens et au public éclairé que ces questions intéressent, nous avons voulu avant tout être précis et clairs ; ce qui dans une science qui est en pleine évolution et en plein développement n'est pas toujours facile.

Certaines questions, en effet, comme la radioscopie du tube digestif, présentent des points qui sont encore bien obscurs : d'autres, comme la radiothérapie profonde, ne sont pas encore dotées d'une technique définitive ; le mode d'action des radiations sur la matière vivante même est peu connu, et l'on en est réduit à des hypothèses qui peuvent être infirmées demain. Idées, appareils, technique, se modifient chaque jour ; chaque jour aussi, des faits nouveaux, ignorés ou à peine entrevus la veille, viennent im-

rimer aux recherches de nouvelles directions. Malgré la difficulté de la tâche, nous espérons que petit livre que nous soumettons aujourd'hui au ıblic, donnera une idée à peu près nette de ce que ɛut être la Radiologie en l'an de grâces 1921 ; et ɔus serons trop payés de notre effort si nous y avons ussi.

Paul DUHEM,

Chef du laboratoire de Radiologie
de l'hôpital des « Enfants-Malades »

7 Juillet 1921.

L'emploi des Rayons X en médecine

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I

Les Rayons cathodiques.

Les Rayons X dont nous allons passer en revue les
incipales applications médicales, tirent leur origine
s rayons cathodiques. Nous commencerons donc
r faire une étude rapide de ces derniers. Leur con-
issance est nécessaire pour se rendre compte des
énomènes intimes qui sont à la base de la Radio-
gie et pour comprendre le fonctionnement d'une
npoule radiogène.

Définition. — Les rayons cathodiques ne sont
s autre chose que l'émission d'électrons qui se pro-
it lorsqu'une décharge électrique, à un potentiel
ffisant, traverse un espace rigoureusement clos
ns lequel on a fait le vide, à condition que ce vide
t été poussé assez loin, jusqu'à une pression équi-
lente à quelques millièmes de millimètre de mer-
re.

Cette définition demande quelques développements.

Lorsqu'une décharge électrique traverse une ampoule close, dans laquelle on fait progressivement le vide, les phénomènes lumineux que l'on observe et qui ont été très bien étudiés par Crookes, varient suivant le degré de vide de l'ampoule.

Les premiers appareils construits par Geissler pour l'observation de ces phénomènes, étaient de simples tubes de verre dont les extrémités étaient traversées par des fils d'aluminium servant d'électrodes et qui étaient reliés aux pôles d'une machine électrique de Wimshurst suffisamment puissante ou aux bornes d'une forte bobine d'induction.

A la pression de un centimètre de mercure, une lueur violette et rosée part de l'électrode positive (anode) et s'évanouit à quelque distance de l'électrode négative (cathode), laissant entre elle et cette dernière une partie sombre (espace obscur de Faraday). La cathode elle-même est entourée d'une lumière dont la nuance varie avec le gaz enfermé dans le tube. Elle est rose avec l'air, blanche avec l'anhydride carbonique, bleu-violette avec l'hydrogène.

A mesure que la pression diminue, la lueur positive s'élargit en diminuant de longueur et d'intensité : quand le tube contient un mélange gazeux, elle se stratifie. Lorsque la pression s'abaisse au millimètre de mercure, la lueur négative augmente, puis se sépare de la cathode. Un nouvel espace sombre se crée alors entre la lueur cathodique primitive et la cathode ; c'est l'espace obscur de Hittorf. En augmentant encore le vide, la lueur cathodique se diffuse et l'espace obscur de Hittorf envahit progressivement tout le tube. Enfin, lorsqu'on arrive au millième de millimètre de mercure, il n'y a plus de lueur dans l'ampoule, mais on constate une phosphorescence des parois vis-à-vis de la cathode. Cette phosphorescence est produite par des rayons spéciaux émis par

ı cathode et qui viennent frapper les parois de ampoule en les échauffant et en provoquant la uorescence du verre.

Enfin si nous augmentons encore le degré du vide ans l'ampoule, et si l'on arrive à l'état voisin du ide parfait. il n'y a plus aucune décharge, on n'ob- ɜrve plus aucun phénomène dans le tube : le cou- ınt ne trouvant plus dans le gaz résiduel de l'ampoule n support mécanique qui lui permette de se trans- orter, ne passe plus. *Le vide absolu est absolument ıfranchissable à la décharge électrique.*

Les rayons cathodiques ont été étudiés successive- ıent par Plucker en 1859, puis par Hittorf dix ans lus tard, et par Crookes en 1879.

Depuis cette époque les travaux se sont multipliés ınt en France qu'à l'étranger. Au premier rang des xpérimentateurs il faut placer Becquerel, Villard, ean Perrin, J. J. Thomson, Ebert, Euvers, Goldstein, aufmann, Simon, Seitz, et bien d'autres dont les oms seront prononcés à leur place au cours de ces ages.

Grâce à tous ces savants. les rayons cathodiques ous sont aujourd'hui admirablement connus dans ɔus leurs caractères et leurs propriétés que nous llons passer rapidement en revue.

Nature des rayons cathodiques. — Les ayons cathodiques furent d'abord considérés, par les remiers expérimentateurs, comme des vibrations e l'éther, analogues aux radiations lumineuses, mais expérience vint rapidement démontrer la fausseté de ette hypothèse.

C'est à un physicien français des plus éminents, ean Perrin, que revient l'honneur d'avoir établi 'une manière irréfutable que les rayons cathodiques taient constitués, non par un simple phénomène ibratoire, mais par une *véritable émission de corpus-*

cules matériels projetés avec une vitesse considérable, extrêmement petits, et transportant une charge d'électricité négative.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des expériences de Jean Perrin; elles ont été pleinement confirmées par celles d'un autre physicien illustre, J. J. Thomson; nous dirons seulement qu'en faisant passer le faisceau cathodique à travers un cylindre de Faraday placé dans l'ampoule et relié aux bornes d'un électroscope[1], ce dernier indiquait que le cylindre se chargeait négativement, puis en plaçant dans le voisinage du faisceau cathodique un barreau d'acier aimanté, autrement dit en provoquant dans son voisinage la constitution d'un champ magnétique, le faisceau déviait immédiatement, ne passait plus par le cylindre de Faraday, et la plage fluorescente des parois du tube se trouvait déplacée selon la déviation du faisceau.

Donc, déviés par un champ magnétique, les rayons cathodiques le sont également par un champ électrique; ils se dirigent vers le pôle positif en décrivant une parabole proportionnelle à leur charge, à leur masse, et à la chute du potentiel du champ électrique.

D'autre part, en interposant un obstacle métallique sur le trajet même des rayons cathodiques, on constate qu'en arrière de cet obstacle la fluorescence du verre faisait défaut. Les rayons avaient donc été interceptés par cet obstacle[2].

Cette série d'expériences amena donc les physiciens à considérer les rayons cathodiques non comme une vibration, mais comme de véritables particules maté-

1. L'électroscope est un appareil très sensible formé de deux petites feuilles d'or excessivement ténues, capable de déceler les charges électriques les plus minimes.

2. Cependant cet obstacle pouvait, en partie, être franchi, s'il était constitué par une lame d'aluminium extrêmement mince, capable d'être traversée par les électrons grâce à leur très grande vitesse. (Rayons de Lénard.)

rielles chargées d'électricité négative et douées d'une très grande vitesse.

Disons, pour n'y plus revenir, que ces corpuscules ne sont autre chose que des *Electrons*, ou atomes d'électricité négative.

Ce n'est pas ici le lieu d'aborder l'étude de la théorie électronique qui a fait faire un tel bond en avant dans la connaissance de la matière. Ajoutons seulement que les électrons sont libérés de l'atome matériel dans certaines conditions, que la décharge électrique à haut potentiel dans un tube à gaz raréfié est une des meilleures conditions pour obtenir cette libération des électrons, et que les rayons cathodiques ont été un des principaux éléments d'étude, avec les rayons gamma du radium, pour poser les bases de la théorie électronique de la matière.

Propriétés des rayons cathodiques.

I. **Propagation.** — Les rayons cathodiques quittent la cathode normalement, autrement dit ils se propagent en ligne droite. Si, comme cela est habituel avec les ampoules radiologiques ordinaires, la cathode est constituée par une cupule concave, les rayons cathodiques se rassemblent au centre de courbure où ils convergent. Ils se propagent parallèlement les uns aux autres si la cathode est plane. La position de l'anode est indifférente.

II. **Production de chaleur.** — Au point où ils sont arrêtés, les rayons cathodiques produisent une telle quantité de chaleur qu'une plaque de platine peut être poussée au blanc éblouissant en quelques secondes et peut facilement arriver au point de fusion. Cette chaleur produite est due à la transformation calorique de l'énergie mécanique qui provient de l'extrême vitesse des corpuscules cathodiques.

Nous verrons plus loin comment cette vitesse a pu être calculée, et à quel chiffre, connaissant la masse de l'électron, elle a pu être fixée.

Cette même cause produit des effets mécaniques directs, mis en évidence par l'introduction d'un petit moulinet à l'intérieur de l'ampoule. Ce moulinet tourne comme s'il était sous l'action d'un souffle partant de la cathode.

III. **Effets chimiques.** — Les rayons cathodiques ont des effets chimiques très marqués, qui ont été bien étudiés par Goldstein, Wiedmann et Schmidt. Ces auteurs ont étudié les changements de coloration qui se produisent sous leur influence dans les sels alcalins et alcalino-terreux. Ce changement de coloration est dû à des phénomènes de réduction que Villard a bien mis en évidence en l'étudiant sur certains silicates comme le cristal (silicate de plomb) qui noircit rapidement par suite de la mise en liberté du métal.

Ils fournissent une abondante production d'ozone (Lénard) et peuvent également provoquer une modification allotropique des corps simples. C'est ainsi que le phosphore blanc est rapidement transformé en phosphore rouge (Schroetter).

IV. **Propriétés électriques.** — Les rayons cathodiques sont déviés par le voisinage d'un champ magnétique; et nous avons vu que c'était là un de leurs principaux caractères puisqu'il avait permis à M. Jean Perrin d'en déterminer la nature. La déviation est la même avec un champ électrique. Les corps chargés positivement les attirent, les corps chargés négativement les repoussent, faits qui indiquent clairement la nature de leur charge électrique.

V. **Production de rayons X.** — Lorsqu'ils sont brusquement arrêtés dans leur course par un

écran métallique, ils donnent naissance à des rayons spéciaux découverts par Roentgen, qui ont reçu le nom de Rayons X.

Cette propriété est pour nous la principale. Nous l'étudierons tout particulièrement dans le chapitre suivant.

Il nous reste à dire quelques mots de la vitesse des rayons cathodiques, et de la détermination du rapport de leur charge électrique à leur masse.

Nous désignerons par la lettre e la charge électrique, et par la lettre m la masse de l'électron.

Vitesse des rayons cathodiques, et détermination du rapport $\frac{e}{m}$ de leur charge à leur masse. — Une série d'expériences dérivées d'ailleurs de méthodes bien différentes, ont permis de parvenir à une évaluation suffisante de la vitesse v des électrons cathodiques. En les combinant deux à deux on est parvenu également à déterminer non pas la valeur absolue de leur masse, mais la valeur relative de leur charge à leur masse, autrement dit le rapport $\frac{e}{m}$.

Kaufmann et Simon ont considéré pour cela la différence de potentiel au pôle négatif et étudié sa transformation en force vive[1]. J.-J. Thomson et Jean

1. Soit ψ cette chute de potentiel, le travail électrique sera égal à $\psi e = 1/2\, mv^2$, et sa transformation en force vive sera donnée par l'équation

$$\text{d'où nous tirons : } \frac{e}{m} = \frac{v^2}{2\psi}, \text{ et } v = \sqrt{\frac{e}{m} 2\psi}$$

Les deux inconnues de cette équation étant v et $\frac{e}{m}$, on peut en les associant déterminer leur valeur. Kaufmann et Simon ont trouvé pour $\frac{e}{m}$ la valeur $1{,}77 \times 10^{-7}$ autrement dit, 1,77 $\times$ 0,00000001.

J. J. Thomson et Jean Perrin arrivent par leur méthode à des résultats semblables.

Perrin font intervenir la déviation produite par des champs magnétiques ou électriques; tous arrivent à des résultats concordants : le rapport $\frac{e}{m}$ a une valeur constante d'environ 0,000000177 que l'on peut écrire plus simplement $1,77 \times 10^{-7}$.

La masse et la charge sont donc également sensiblement constantes : l'électron se trouverait donc ainsi déterminé d'une manière exacte, aussi bien que n'importe quel atome chimique.

En supposant, dit Achalme[1], la charge *e* égale à celle de l'ion électrolytique, ou du moins de même ordre, on constate que la masse de l'atome d'électricité est près de 2.000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène, lui-même jusqu'à présent la plus petite quantité de matière connue.

En ce qui concerne la vitesse, les résultats sont tout à fait différents. Au lieu d'être constante, elle est variable avec le potentiel de la décharge, et les méthodes employées ont permis de déterminer qu'elle était proportionnelle à la racine carrée de ce potentiel de décharge.

Les chiffres moyens ainsi obtenus permettent de considérer cette vitesse comme variant de 20.000 à 150.000 kilomètres à la seconde, soit pour ce dernier chiffre la moitié de la vitesse de la lumière.

Cette vitesse énorme par ses différentes transformations en travail ou en chaleur, explique l'intensité des effets mécaniques et caloriques des rayons cathodiques. On s'en rendra compte d'une façon concrète quand on saura qu'un milligramme de matière se mouvant à la vitesse des rayons cathodiques représente une force vive variant de 45 à 250 millions de kilogrammètres.

Il nous reste à dire quelques mots de l'origine et de

1. Achalme. *Electronique et biologie*, Paris, Masson Ed., 1913.

a formation des rayons cathodiques. La question a été étudiée par MM. Villard et Dunoyer.

Dans les ampoules ordinaires, où malgré le degré le vide accentué il reste tout de même une petite quantité de gaz, il semble bien que la puissance de a décharge électrique à un potentiel de 20.000 à 00.000 volts dissocie les molécules du gaz résiduel le l'ampoule et libère ainsi d'une part des éléments lont on a reconnu la charge positive et qui sont projetés contre la cathode ou pôle négatif (rayons positifs le Goldstein), d'autre part des éléments à charge négative et qui sont également projetés avec violence en sens contraire, c'est-à-dire du côté opposé à la athode et dans une direction perpendiculaire au plan de cette dernière (rayons cathodiques).

Mais cette origine gazeuse des rayons cathodiques n'est pas la seule. Toujours sous l'influence de la haute différence de potentiel de la décharge, le métal même dont est constituée la cathode s'échauffe d'une façon considérable : ses particules métalliques elles-mêmes se dissocient, et il se produit une libération les électrons aux dépens du métal dont elle est constituée.

L'expérience prouve bien cette double origine des rayons cathodiques. Elle a même servi de base aux constructeurs pour fabriquer différentes espèces de tubes. En effet, la dissociation moléculaire des corpuscules gazeux demande forcément une énergie moins considérable que la dissociation des corpuscules métalliques; tant qu'il reste du gaz sous une certaine pression dans l'ampoule, c'est aux dépens de ce dernier que se fera la libération des électrons. A mesure qu'on diminue la pression, le faisceau cathodique se constitue en empruntant de plus en plus aux particules métalliques leurs électrons ; et enfin, lorsqu'il ne reste plus de gaz et que la pression est devenue nulle, on ne peut plus constituer de

rayons cathodiques qu'avec les éléments métalliques. Certaines conditions sont pour cela nécessaires, et il faut que la température de la cathode soit assez élevée.

Nous verrons en passant en revue les différentes sortes de tubes en usage, que les ampoules Coolidge sont basées sur ce principe et que la libération des électrons se fait dans ces sortes de tubes uniquement grâce à un petit filament métallique porté au blanc éblouissant, occupant le centre de la cathode, le vide étant pour ainsi dire absolu à l'intérieur.

Hétérogénéité du faisceau cathodique. — Le faisceau cathodique ainsi constitué n'est pas homogène, non pas qu'il contienne des éléments différents, car la masse et la charge des électrons ne varient pas. Cependant on constate des différences dans leur déviation par un champ magnétique ou électrique. Ces différences tiennent à leur vitesse qui n'est pas la même pour tous, parce que d'après Villard, la décharge électrique de la bobine d'induction est un phénomène discontinu composé d'une série de décharges inégales. En employant comme source une forte machine statique par exemple, l'homogénéité est beaucoup plus parfaite.

La grande vitesse des rayons cathodiques leur donne un certain pouvoir de pénétration qui leur permet de traverser par exemple une lame d'aluminium assez mince. Le phénomène a été étudié par Lénard qui a donné son nom à ces rayons une fois qu'ils ont traversé la plaque d'aluminium.

Néanmoins cette pénétration n'est pas considérable, et les rayons cathodiques sont rapidement absorbés quand ils doivent traverser des espaces où se trouvent des molécules gazeuses en certaine quantité.

L'étude de ces phénomènes bien faite par Lénard, nous entraînerait trop en dehors de notre sujet pour que nous insistions là-dessus.

CHAPITRE II

Les Rayons X.

Le champ électro-magnétique des électrons. — Il apparaît clairement, et le calcul le démontre d'autre part, que quelle que soit la quantité de chaleur dégagée, quels que soient les effets mécaniques observés, quelles que soient les transformations chimiques accomplies par les rayons cathodiques, ceux-ci transportent une telle quantité d'énergie qu'aucun des effets que nous venons d'énumérer ne peut suffire, lorsqu'ils sont brusquement arrêtés dans leur course, pour en absorber la totalité.

Si nous réfléchissons en outre que non seulement les électrons cathodiques sont animés d'une force vive considérable, mais encore qu'ils transportent avec eux une charge électrique négative, que par conséquent ils cheminent accompagnés de leur champ électrique ; comme d'autre part tout champ électrique en mouvement s'accompagne d'un champ magnétique par suite du déplacement des lignes de forces du champ électrique, on pourra se demander ce qui résultera de la brusque annihilation de ces champs magnétiques lors de l'arrêt brusque de l'électron cathodique.

C'est ici qu'il convient pour bien comprendre la suite des phénomènes qui nous occupent, de dire quelques mots de l'inertie électro-magnétique.

L'inertie électro-magnétique. — Dans son déplacement, l'électron est toujours accompagné de son champ électro-magnétique. Il agit donc comme un véritable *courant électrique*. Un corps électrique en mouvement agit en effet sur une aiguille aimantée (Rowland). Or ce courant est constant et continu si le déplacement du corps électrique est *régulier*, *uniforme*, *rectiligne* et de *vitesse modérée*. Dans toutes les autres conditions, le déplacement de la charge électro-magnétique entraîne avec lui des phénomènes d'*induction* ou de *rayonnement*.

Si ce mouvement n'est *ni régulier*, *ni uniforme*, *ni rectiligne*, il peut être *accéléré*, *ralenti*, ou *changé de direction* : on voit alors se produire *l'inertie magnétique*, phénomène ainsi nommé parce qu'il est comparable au phénomène d'inertie mécanique de la matière.

On sait qu'un courant électrique continu, fermé sur une résistance, n'atteint jamais du premier coup sa valeur de régime qui met quelques parcelles de seconde à s'établir, et que l'énergie ainsi économisée sert à la création du champ magnétique qui accompagne tout courant établi. On sait aussi que ce champ magnétique restitue l'énergie qui a servi à le former lorsque le courant est coupé brusquement.

L'énergie électrique ainsi déployée est toujours, suivant la loi de Lenz, de direction opposée à celle qui lui a donné naissance.

La charge électrique en mouvement étant, par suite de son sillage électro-magnétique, comparable à un courant, possède donc une inertie qui lui est propre, et qui se développera au moment des variations de sa vitesse ou de sa direction. A chaque augmentation de vitesse, elle répandra autour d'elle une certaine quantité d'énergie qui lui sera restituée à chaque ralentissement[1], et d'après la loi de Lenz,

1. Ce phénomène analysé mathématiquement a permis de déduire la loi suivante : « L'inertie électro-magnétique est une

:es réactions se produisent en sens inverse les unes les autres.

On ne saurait mieux comparer ce phénomène qu'au volant d'une machine à vapeur. Au départ et pour que le volant acquière toute sa vitesse de rotation, une notable quantité d'énergie fournie par la machine est absorbée. La vapeur est-elle coupée, le volant continue à tourner par la force acquise, restituant aux organes secondaires de la machine l'énergie dont ils ont été privés au début pour sa mise en mouvement.

Ces actions sont d'autant plus fortes que les variations de vitesse sont plus considérables. Le champ magnétique est en effet fonction de la vitesse ; toute variation dans cette vitesse amène la création d'un champ électro-statique d'autant plus intense que la variation est plus brusque, et ce champ électrique qui n'est autre qu'un phénomène d'induction, réagit lui-même sur le courant inducteur, et ainsi de suite.

Les pulsations électro-magnétiques ainsi produites sont de véritables vibrations de l'éther, et se propagent avec une vitesse égale à celle de la lumière. Ce sont des ondes électro-magnétiques, celles mêmes qui constituent toutes les radiations, qu'elles soient lumineuses, caloriques ou électriques : ce sont elles qui constituent les rayons X.

Nous pouvons donc maintenant définir exactement les rayons X en disant qu'ils sont constitués par une série de pulsations électro-magnétiques, vibrations de l'éther, absolument comparables aux ondes lumineuses, et produites par l'arrêt brusque des rayons cathodiques et l'annihilation de leur charge électrique en mouvement.

fonction de la vitesse ; elle est pratiquement constante lorsque la vitesse de la charge électrique est petite par rapport à la vitesse de la lumière ; elle tend vers l'infini lorsque la vitesse de déplacement atteint celle de la lumière ». E. Guye.)

L'effet produit est expliqué par le développement au maximum des effets d'inertie, d'action et de réaction des champs électro-magnétiques et électrostatiques.

Les rayons X ont été découverts par Rœntgen tout à fait par hasard en 1895 : alors qu'il répétait les expériences de Lénard sur les rayons cathodiques, il s'aperçut qu'un fragment de platino-cyanure de baryum qui se trouvait dans son laboratoire devenait phosphorescent ; il nomma ces radiations nouvelles les rayons X.

Nous allons maintenant en étudier les différentes propriétés.

Propriétés des Rayons X.

Les rayons X jouissent d'un certain nombre de propriétés générales communes à la plupart des radiations, résultats d'une perturbation électrique de l'Ether ; mais ils jouissent également de propriétés particulières qui ont pour la médecine des conséquences absolument capitales.

Propriétés générales. — Elles sont celles des oscillations électriques de très courte longueur d'onde, et se rapprochent sensiblement des propriétés des rayons ultra-violets.

Ils impressionnent les plaques photographiques ;

Ils transforment l'amidon en dextrine ;

Ils provoquent la phosphorescence d'un certain nombre de substances ;

Ils ionisent les gaz ;

Enfin, ils peuvent se réfracter et se disperser, exactement comme les rayons lumineux.

Cette analogie avec les rayons lumineux que l'on prévoyait sans pouvoir la prouver absolument, a été bien mise en évidence par une série de travaux assez

récents dont les plus importants sont dus à M. de Broglie.

On sait aujourd'hui que les rayons X peuvent, comme les rayons lumineux, se disperser quand ils sont dirigés, à travers une fente, sur un réseau cristallin.

Mais les rayons X étant des oscillations d'une longueur d'onde excessivement faible (0 centimètre 00000001 dix-millionième de centimètre; soit 10^{-7} centimètres), il fallait pour mettre leurs propriétés en évidence trouver un milieu réfringent dont l'espacement des éléments du réseau cristallin fût d'ordre aussi petit.

C'est ce qui a été reconnu possible en se servant de cristaux dont l'espacement des éléments constitutifs est de l'ordre de grandeur des éléments moléculaires des corps solides. Evaluées en unités métriques, ces grandeurs répondent environ au millionième de millimètre.

« En tombant sur une face cristalline, un faisceau « de rayons X donne un rayon réfléchi, comme la « lumière sur un miroir. Mais à cause d'un phéno- « mène d'interférence, l'angle d'incidence, toujours « égal à l'angle de réflexion, impose ici la longueur « d'onde. Et donner l'incidence c'est donner la lon- « gueur d'onde qui pourra se réfléchir dans ces « conditions, car $\lambda = 2\,d \sin \alpha$ (d étant l'équidistance « des plans réticulaires du cristal).

« Sur une image spectrale ainsi formée, la mesure « de la déviation des raies formées symétriquement « de chaque côté de l'image du faisceau incident, « donnera la mesure de la longueur d'onde qui leur a « donné naissance : les images les plus déviées étant « ainsi celles des plus grandes longueurs d'onde. » (De Broglie, *Revue Scientifique*, 27 novembre et 4 décembre 1915.)

Les résultats généraux de cette véritable analyse

spectrale des rayons sont des plus importants au point de vue physique. Je n'insisterai pas davantage; j'ajouterai seulement avec M. de Broglie que, du moment qu'on peut relier la longueur d'onde qui se réfléchit sous un angle donné à une quantité qui joue le rôle de constante des réseaux, on pourrait arriver à une évaluation de la distance des plans réticulaires de ces derniers.

On a trouvé ainsi pour le sel gemme $2{,}81 \times 10^{-8}$ centimètres, et en admettant cette base comme exacte, on peut calculer les différentes valeurs des longueurs d'onde des différents spectres. On est arrivé ainsi aux résultats suivants, dans lesquels à certains ordres de grandeur ne correspondent pas encore des radiations connues.

Ondes électriques.	Ondes électriques courtes.	Rayons inconnus.	Rayons restants du spectre.	Rayons infra-rouges.	Rayons infra-rouges et spectre visible.	Rayons ultra-violets.	Rayons inconnus.	Rayons X mous.	Rayons X moyens.	Rayons X durs et Rayons gamma.
10 cm.	1 cm.	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}

Ces travaux, on le voit, sont des plus intéressants ; ils ouvrent des horizons nouveaux et immenses aux sciences physiques, et nous savons que la médecine n'est pas la dernière à en rechercher pour elle-même les applications pratiques.

Propriétés particulières.

Pénétrabilité. — La propriété capitale des rayons X est leur pénétrabilité. Ces rayons en effet, en raison de la petitesse de leur longueur d'onde, traversent les corps organisés en raison de deux facteurs :

1° En raison de l'intensité de l'impulsion électromagnétique; cette dernière étant proportionnelle à

l'intensité du choc de l'électron. dépend donc, étant donné que la masse de l'électron est invariable, de la vitesse des rayons cathodiques, et par conséquent de la chute de potentiel.

Les rayons X sont donc d'autant plus pénétrants qu'ils proviennent de tubes fonctionnant sous un potentiel plus élevé. Cette pénétrabilité plus ou moins grande des rayons s'exprime dans le langage courant en disant que ces rayons, et par extension l'ampoule qui les produit, sont plus ou moins *durs* ou plus ou moins *mous*, les rayons les plus durs étant les plus pénétrants et vice versa.

2° En raison du poids atomique du corps traversé. Cette spécificité des corps pour l'absorption des rayons X a été particulièrement étudiée par M. Benoist dont je ne puis que rappeler les conclusions intéressantes, et capitales pour le radiologiste.

Plus le poids atomique d'un corps est élevé, moins ce corps se laissera traverser par les rayons X.

Cette opacité spécifique des corps est indépendante de leur état physique, du mode de groupement de leurs atomes ou de leurs molécules, et de l'état de liberté ou de combinaison de ces atomes.

Cette opacité est une fonction déterminée et croissante du poids atomique : mais la loi de croissance qui régit cette proposition est assez complexe.

L'atome de plomb par exemple, qui ne pèse que 30 fois plus que l'atome de lithium, est 7.500 fois plus opaque aux rayons.

Mais si l'état physique des corps et le mode de groupement de leurs molécules sont indifférents au point de vue de l'opacité spécifique de ces corps, il n'en est pas de même de l'épaisseur de la matière à traverser.

Nous verrons en étudiant les transformateurs que la décharge électrique d'une bobine est un phénomène complexe, comportant une série de décharges

inégales et par conséquent d'un potentiel différent; et nous avons vu que c'était la cause de l'hétérogénéité des rayons cathodiques. La même cause détermine la même hétérogénéité dans le faisceau des rayons X qui en dérivent.

Etant donnée une certaine quantité de matière à traverser, les rayons les plus mous seront arrêtés par les couches superficielles de la matière en question, les rayons un peu plus durs par les couches moyennes, enfin il faudra des rayons très durs pour traverser toute l'épaisseur de la matière, si celle-ci est suffisamment épaisse.

Finalement le faisceau de rayons X ayant abandonné une partie de son rayonnement devient sensiblement homogène ou monochromatique.

Tous les corps n'agissent pas de la même façon à l'égard de cette absorption sélective des rayons X. Les uns, dits *corps radiochroïques*, possèdent cette particularité d'être très sélectifs pour tous les éléments du faisceau de rayons; l'aluminium en est le type. Les autres, dits *corps aradiochroïques*, ne sélectionnent que très mal les radiations et sont traversés d'une façon égale par tous les rayons. Le type de ces corps aradiochroïques est l'argent.

On comprend tout l'intérêt que présente un corps comme l'aluminium quand il s'agit de filtrer un faisceau de rayons X. Interposé en épaisseur convenable sur le trajet du faisceau, il constituera un filtre excellent permettant de supprimer les rayons mous, qui arrêtés par la peau ou le tissu cellulaire, y causeraient des désordres certains, et permettra de ne conserver que les rayons de pénétration suffisante pour atteindre tel organe plus ou moins profondément situé et qui doit être soumis à l'action des rayons X dans un but thérapeutique.

Les rayons secondaires. — Une seconde

propriété également très importante et particulière aux rayons X est l'émission de *rayons secondaires*.

En effet, ces rayons qui ionisent les gaz, qui provoquent la phosphorescence d'un grand nombre de corps, ont également la propriété de libérer des électrons des corps qu'ils frappent, et de provoquer ainsi l'émission d'un rayonnement secondaire.

Ce rayonnement secondaire est des plus hétérogènes. Il se compose d'une part de rayons corpusculaires, composés d'électrons, et analogues dans une certaine mesure aux rayons cathodiques, d'autre part de radiations à très courte longueur d'onde et de nature uniquement vibratoire.

L'étude de ces rayons secondaires, bien faite par Sagnac, Barkla et Sadler, s'est encore augmentée de travaux importants au cours de ces dernières années.

Ces rayons sont de pénétration bien différente selon les corps aux dépens desquels ils ont été produits. Ils ont été divisés en deux séries par Barkla d'après le poids atomique du corps radiant :

1° La série K de Barkla comprend les rayons secondaires qui partent des éléments à poids atomiques faibles et dont la pénétrabilité va en croissant jusqu'au delà de l'argent (poids atomique 108) ;

2° la série L pour les métaux dont le poids atomique est supérieur à celui de l'argent et dont la pénétrabilité croit également selon le poids atomique.

Ces rayons secondaires comme les rayons X, ont pu être analysés également par le spectre, et l'étude de ce dernier confirme les faits énoncés par Barkla. Et en réalité, le groupe des raies spectrales qui correspond à un élément se déplace dans son ensemble vers les raies à courtes longueurs d'onde quand le poids atomique de l'élément augmente.

Les radiations K ne donnent guère que deux raies dont la plus intense correspond à la plus grande longueur d'onde.

La régularité avec laquelle les spectres des rayons X suivent les variations du poids atomique, nous est donnée par la loi de Moseley, dans le détail mathématique de laquelle je ne veux pas entrer, mais qui peut amener à formuler la proposition suivante : Pour produire un faisceau capable d'exciter au maximum la résonance d'un élément par les rayons X, il faut que la vitesse des rayons cathodiques dans le tube soit proportionnelle aux poids atomiques de ces éléments (Whiddington). Leur énergie est alors proportionnelle au carré de cette grandeur.

Disons enfin qu'il y aurait peut-être un rapport [1] proportionnel à établir entre l'énergie cinétique des rayons cathodiques et la fréquence de la radiation que son arrêt par un obstacle est susceptible de provoquer.

1. Autrement dit, un tube fonctionnant avec le potentiel V c'est-à-dire dans lequel les électrons de charge e ont l'énergie eV, ne pourrait pas émettre des radiations dont la fréquence ν dépasserait la valeur critique ν_0 donnée par la relation

$$h\nu_0 = eV$$

h étant la constante universelle de Planck.

Il y a donc certainement relation entre l'énergie mise en jeu et la fréquence de la radiation produite (de Broglie).

CHAPITRE III

Production des Rayons X.

Les sources d'énergie.

Il ressort clairement de ce que nous avons dit précédemment que la première des conditions pour obtenir des rayons X, est d'avoir à sa disposition une source de courant électrique de haute tension.

Il faut pouvoir disposer d'un courant de 30.000 volts au moins et qui puisse monter dans certaines applications jusqu'à 150.000 volts. Certains constructeurs ont même construit des appareillages pouvant donner jusqu'à 200.000 volts.

Les machines statiques. — La première source qui ait été utilisée à cet effet est le courant produit par les machines statiques dont la tension entre les deux pôles est, on le sait, très élevée.

Une machine statique du type Wimshurst de 8, 10 ou 12 plateaux accouplés par paire et tournant en sens inverse les uns des autres à une très grande vitesse, est capable de produire de formidables différences de potentiel, lorsqu'elle fonctionne bien. Mais une telle machine ne fonctionne bien que par temps sec, dans de bonnes conditions hygrométriques, c'est-à-dire lorsque la tension de la vapeur d'eau dans l'air est faible, en hiver par conséquent. Il faut

aussi essuyer soigneusement les plateaux, les nettoyer souvent à l'alcool à 95°, ainsi que toutes les pièces métalliques, peignes, balais, collecteurs. Dans ces conditions le courant fourni est de très bonne qualité; il est rigoureusement continu, il n'y a pas à craindre la moindre onde inverse, et les ampoules sont illuminées dans des conditions excellentes.

Malheureusement une pareille machine statique qui serait parfaite, est un peu comme la jument de Roland, elle n'existe pas. Le fonctionnement de cet appareil idéal dépend d'une façon vraiment trop grande de l'état hygrométrique de l'air environnant. Et telle machine soigneusement entretenue qui donnera en hiver 40 et même 50 centimètres d'une étincelle continue et nourrie, n'arrivera seulement pas à s'amorcer en été, les jours d'orage, et si elle s'amorce elle donnera à peine 8 à 10 centimètres d'une étincelle grêle, très souvent moins, un à deux centimètres par exemple, ce qui la rend inutilisable pour la production des rayons.

De plus, la force électro-motrice, ou autrement dit la tension du courant fourni par une machine statique, est évidemment très élevée, mais son débit, c'est-à-dire la quantité d'électricité qu'elle fournit, est très faible. A peine obtient-on dans de bonnes conditions, un millième d'ampère, au plus un milliampère 1/4, ce qui est absolument insuffisant pour les besoins actuels de la radiologie.

Les bobines d'induction. — On a été rapidement amené à utiliser une source de courant plus stable, insensible aux influences atmosphériques, sur laquelle on devait être en droit de pouvoir compter dans n'importe quelles conditions, et capable de fournir une intensité beaucoup plus considérable. On s'est adressé pour cela aux transformateurs, qui basés sur le principe de la bobine d'induction de Faraday.

transforment un courant primaire de *tension faible*, mais de *forte* intensité, en un courant secondaire de *tension très élevée* et *d'intensité faible*, mais suffisante cependant pour l'alimentation d'une ampoule telle qu'on la désire aujourd'hui.

Les notions les plus élémentaires d'électricité apprennent que la puissance des courants induits fournis par une bobine est fonction de trois principaux facteurs, qui sont :

1° L'intensité du courant primaire de la bobine;

2° La distance de l'enroulement secondaire par rapport au primaire;

3° Le nombre de spires de l'enroulement secondaire.

Dans nos grosses bobines productrices de rayons X, sur ces trois facteurs, si l'on considère chaque bobine prise isolément, deux sont invariables, les deux derniers. La distance du secondaire au primaire doit être réduite au minimum, car l'effet induit est d'autant plus fort que les spires secondaires sont en rapprochement plus étroit avec les spires du courant primaire. Pour cela les bobines sont construites de manière à ce que le circuit secondaire recouvre complètement le circuit primaire. Le courant primaire traverse donc un circuit complètement engainé dans le secondaire.

Le nombre des tours de spire de ce dernier est également invariable. Il est d'ailleurs considérable. Le circuit secondaire est en effet constitué par un fil fin, très bien isolé, enroulé autour du circuit primaire et dont les tours de spires très serrés et s'enroulant eux-mêmes plusieurs fois les uns sur les autres, peuvent atteindre, étant déroulés, une longueur de plusieurs kilomètres.

Un tel circuit est forcément très résistant : le circuit primaire qui, lui, est composé d'un fil beaucoup plus gros, beaucoup moins long, par conséquent beaucoup moins résistant, est enroulé sur un faisceau

de fil de fer doux, dont l'aimantation, au moment où le courant passe, ajoute encore son effet inducteur propre à celui du courant primaire.

La figure 1 représente la constitution schématique d'une bobine d'induction. FF′ représente le noyau de fer doux (en faisceau) autour duquel est enroulé le fil du circuit primaire PP′ et relié à la source, et sur le tout est enroulé le circuit secondaire dont les deux extrémités du fil SS′ représentent les bornes d'utilisation de la bobine (fig. 1).

Le noyau de fer doux central est toujours constitué par un faisceau de fils de fer doux, c'est-à-dire non aimanté, de manière à éviter les courants de Foucault[1], qui augmenteraient l'étincelle de rupture et transformeraient en outre une partie de l'énergie électrique en énergie calorique. On a donc intérêt à les supprimer.

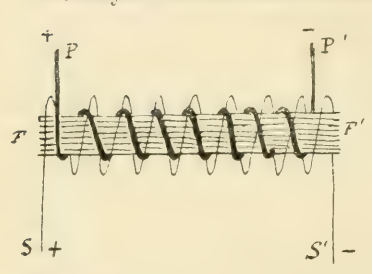


Fig. 1. — Schéma d'une bobine d'induction.

Fonctionnement du transformateur. — Relions les deux bornes du primaire PP′ à une source de courant continu et fermons le circuit. Le courant passe. Il n'atteint pas d'emblée sa valeur normale à cause de la self-induction — (on appelle ainsi l'action inductive du courant primaire sur lui-même). — Cette période d'établissement est parallèle au temps que met le courant secondaire, produit dans la bobine par la fermeture du courant, à développer le champ magnétique de la bobine. Il s'agit là du phénomène

1. Les courants de Foucault sont des courants qui prennent naissance dans toute masse métallique soumise à des variations de flux électrique ou magnétique.

l'inertie magnétique dont nous avons parlé au chapitre précédent.

Le courant primaire est-il arrivé à son régime permanent, nous le coupons brusquement : cette nouvelle et brusque variation de flux dans l'inducteur va développer immédiatement dans les spires du secondaire un nouveau courant, dit courant de rupture. Plus la rupture est brusque, plus l'onde induite de rupture est énergique, plus le voltage est élevé dans le circuit secondaire.

Le courant primaire, que l'on coupe ainsi brusquement, s'accompagne toujours au point où se fait l'interruption, d'une forte étincelle que l'on a intérêt à supprimer, car elle retarde la rupture du courant. Elle est produite par un courant spécial, dit *extra-courant de rupture*, que l'on absorbe en intercalant dans le circuit un condensateur de Fizeau qui se charge, au moment de la rupture du courant, supprimant en grande partie l'étincelle, et se décharge ensuite dans le circuit primaire en donnant un courant de sens contraire à celui qui lui a donné naissance, et a pour effet de désaimanter le noyau de fer doux de la bobine, et de supprimer ainsi une partie du magnétisme rémanent. Il agit comme agirait un frein énergique sur le volant de notre machine à vapeur, lequel continuerait à tourner par la force acquise, une fois la vapeur coupée.

Dans la bobine les deux actions de fermeture et de rupture du circuit primaire développent deux réactions de sens inverse. La fermeture s'accompagne d'une onde électro-magnétique de sens contraire au courant primaire; et la rupture, d'une onde électro-magnétique de sens opposé à l'onde de fermeture, de même sens par conséquent que le courant primaire.

L'onde de rupture, comme nous le disions il y a un instant, est toujours beaucoup plus énergique que l'onde de fermeture : c'est elle seule qui est employée

pour l'utilisation du courant secondaire dans les ampoules radiogènes ; une série de dispositifs spéciaux dont nous parlerons plus tard, absorbent l'onde de fermeture qui ne doit pas passer dans le tube ; ces derniers ne pouvant admettre que des courants rigoureusement de même sens.

La figure n° 2 représente les réactions du secondaire du transformateur aux fermetures et ruptures du courant primaire.

La grandeur *ff'* correspond au *temps* que met le courant primaire à parvenir à son état permanent M,

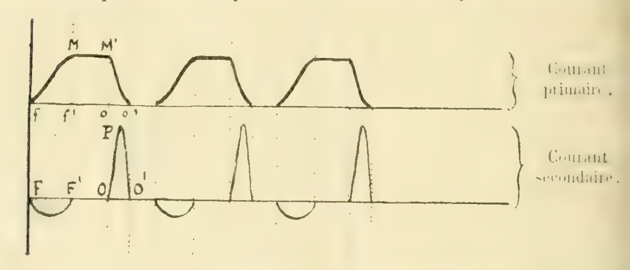


Fig. 2. — Schéma du courant secondaire dans une bobine par rapport aux variations du primaire.

à la fermeture du courant. A cette période correspond l'onde FF' du courant secondaire, laquelle est de sens contraire au sens du courant primaire qui lui donne naissance. La grandeur *f'o* correspond au temps pendant lequel passe le courant primaire à l'état permanent : comme il n'y a pas de variations de flux pendant ce temps, il ne se produit rien au secondaire.

La grandeur *oo'* exprime le temps de la rupture du circuit primaire, rupture brusque, de temps très court, auquel correspond une onde OO' au secondaire, onde de force électro-motrice beaucoup plus grande que l'onde de fermeture parce que la chute de potentiel est plus brusque, les quantités d'énergie libérées étant égales dans les deux cas (fig. 2).

Cette double courbe fait comprendre mieux que n'importe quelle démonstration, le mécanisme de l'établissement du courant secondaire par rapport aux états variables du courant primaire.

Plus la hauteur de la courbe primaire $f'M$ sera grande, plus la chute $M'o'$ sera brusque, et plus la courbe OPO' sera élevée. Il y a donc intérêt selon les effets que l'on veut obtenir, à pouvoir faire varier la force électro-motrice du primaire. Il suffit pour cela d'introduire dans ce circuit un rhéostat, c'est-à-dire un certain nombre de tours de spire formant résistances, que l'on peut à volonté introduire dans le circuit pour en modifier l'intensité ; cette dernière étant, d'après la loi d'Ohm $I = \frac{E}{R}$, inversement proportionnelle à la résistance.

On voit d'après ce qui précède, quels seront dans tous les cas, et sans tenir compte des modifications que peuvent amener les formes différentes de courants mises à notre disposition, les éléments essentiels dont se composera notre appareillage pour la production des courants à potentiel élevé.

Nous aurons en partant des bornes de la source :

1° Un *rhéostat* pour régler l'intensité du primaire ;

2° Un *interrupteur* pour établir et couper brusquement le courant ;

3° Une *bobine d'induction*, des bornes de laquelle partira le circuit d'utilisation du secondaire.

Nous pouvons ajouter pour être complet :

4° Un *ampèremetre* pour *mesurer* sa force électromotrice.

5° *Un voltmetre* pour mesurer sa force électromotrice[1].

1. La force électro-motrice étant constante dans les secteurs urbains, le voltmètre est la plupart du temps inutile dans les installations sur secteurs.

L'ampèremètre, peu résistant, est placé en tension dans le circuit ; le voltmètre au contraire très résistant est placé en dérivation (fig. 3).

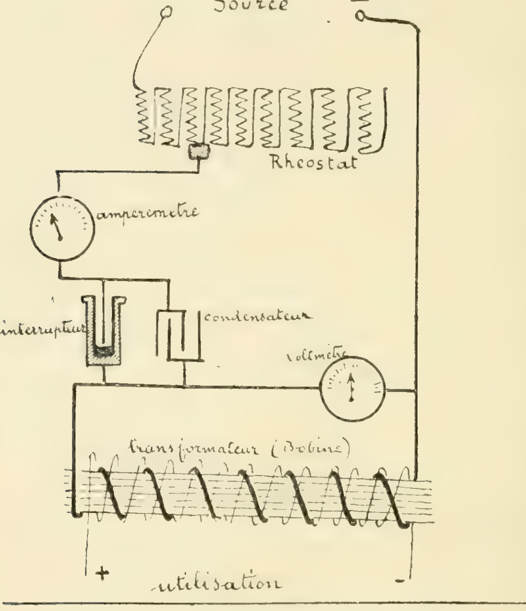


Fig. 3. — Schéma de montage du primaire.

Courants alternatifs. — Transformateurs à circuit magnétique fermé. — Nous n'avons envisagé dans ce qui précède que le cas où la source du courant qui nous est fournie, l'est sous forme de courant continu. Mais dans les secteurs urbains, on tend de plus en plus à substituer le courant alternatif au continu parce qu'il est d'un transport plus facile et moins coûteux, et qu'il répond aussi bien que ce dernier aux principaux usages industriels.

On sait que le courant alternatif est un courant donné par certaines machines et qui passe alternativement d'un maximum positif à un maximum négatif un certain nombre de fois par seconde. Alors que la représentation graphique d'un courant continu est représentée par une ligne droite, celle du courant alternatif est représentée par une sinusoïde (fig. 4).

On appelle alternance ou phase, la partie du courant qui dans la deuxième courbe de notre figure 4,

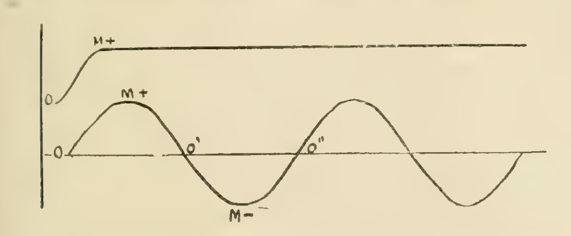


Fig. 4. — Représentation graphique des courants continu et alternatif.

part de O, arrive à son maximum M + et revient à O'. Les alternances se suivent régulièrement dans les deux sens, positif et négatif.

Une *période* est l'ensemble de deux alternances O, O', O'' positive et négative ; un courant alternatif est généralement caractérisé par sa *fréquence*, ou nombre de périodes qu'il effectue en une seconde.

Un tel courant est continuellement à l'état variable ; il se prête donc parfaitement à la production des courants secondaires dans un transformateur ; mais l'ouverture et la fermeture représentant des temps égaux, la courbe du secondaire elle-même serait par conséquent représentée par une sinusoïde à grandes alternances égales.

Un tel courant serait impropre à passer dans une ampoule où le courant doit toujours être de même

sens. Pour utiliser le courant alternatif, on a dû construire des interrupteurs spéciaux qui coupent ce courant à chacune de ses alternances ou *phases*, ne laissant passer dans le circuit primaire qu'une alternance sur deux, par conséquent une onde toujours de même sens.

Nous reviendrons plus tard sur le détail des interrupteurs, et nous verrons de quelle façon ingénieuse les constructeurs ont résolu ces différents problèmes.

Il est une autre façon d'utiliser le courant alternatif, c'est de l'envoyer directement dans un transformateur spécial dit « *à circuit magnétique fermé* » où les deux ondes sont transformées en deux ondes de haute tension et de sens contraire. Un dispositif tournant prend le courant ainsi formé à la sortie du secondaire du transformateur, et agit de telle sorte que les deux ondes passent dans le tube dans le même sens.

Ces appareils ont reçu le nom de *contacts tournants*. Ce sont eux qui permettent d'employer les intensités les plus élevées, car ils utilisent directement les deux ondes du courant alternatif; la puissance n'est plus alors limitée que par l'intensité du courant primaire, et surtout par la résistance du tube.

Le schéma ci-contre permet de se rendre compte du fonctionnement d'un dispositif tournant (fig. 5).

Un disque de matière isolante D est calé sur l'arbre d'un moteur, lequel est en synchronisation avec le courant alternatif du secteur de manière à ce qu'il exécute un quart de tour pendant une alternance du courant alternatif. Il tourne ainsi entre quatre secteurs fixes opposés deux à deux à 90 degrés les uns des autres, dont deux opposés SS sont reliés aux bornes du transformateur T et les deux autres opposés S'S' aux deux pôles de l'ampoule P. Le disque tournant porte à sa surface deux tiges métalliques dont les extrémités viennent chacune en contact pendant

la rotation du plateau avec les secteurs fixes SS' SS'.

Dans la position A, pendant la période qui passe, le pôle positif du transformateur est en +, à gauche, et le négatif en —, à droite ; la position du disque étant celle indiquée par le schéma A, on voit par les connexions que le courant passe normalement dans

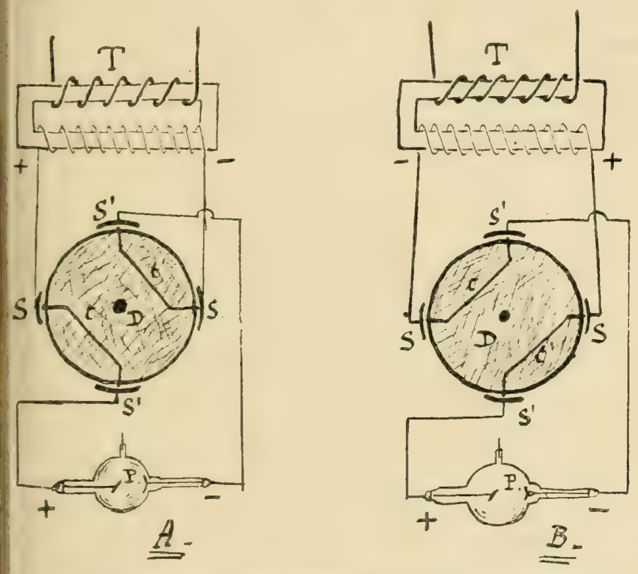


Fig. 5. — Redressement du courant alternatif par un dispositif tournant.

l'ampoule dont l'anode (pôle positif) est à gauche et la cathode (pôle négatif) à droite.

Mais le courant continue à passer dans le transformateur pendant que le disque tourne. Dans la position B, à la phase suivante, le pôle positif du transformateur est maintenant à droite, et le négatif à gauche : en même temps le disque a tourné d'un quart de tour en renversant le courant grâce à l'orien-

tation nouvelle qu'ont prise les tiges métalliques qu'il porte à sa surface. Comme le courant qui part du transformateur est renversé, dans la phase présente, par rapport à l'ampoule, il est par le fait redressé par le dispositif tournant et passe par conséquent normalement dans le tube.

Les secteurs alternatifs parisiens étant à 42 périodes, ce sont donc 84 ondes de même sens qui sont lancées dans l'ampoule en une seconde.

Ces appareils présentent l'avantage de permettre le passage dans l'ampoule d'une quantité d'électricité beaucoup plus considérable que les bobines, mais la quantité d'énergie électrique transformée en énergie radiante est proportionnellement moindre.

Le courant d'ouverture dans la bobine donne une onde induite aiguë à voltage très élevé (voir fig. 2) brusque et rapide ; l'onde du transformateur est au contraire une sinusoïde redressée dont la surface est beaucoup plus grande. Comme c'est le sommet seul de l'onde qui se transforme en radiations actives, la déperdition d'énergie est beaucoup plus grande avec le contact tournant qu'avec la bobine, la transformation en chaleur beaucoup plus forte. Mais d'un autre côté on n'a pas à craindre le passage d'onde inverse dans l'ampoule, et la manipulation en est plus facile.

Les radiologistes aujourd'hui partagent leurs faveurs entre les deux genres d'installation ; en réalité les deux appareillages ont leur utilité, le contact tournant pouvant fournir plus facilement les grosses intensités qu'exige la radiographie instantanée, la bobine plus capable de fournir le voltage élevé qu'exigent les rayons pénétrants, lesquels sont indispensables à la radiothérapie des organes profonds.

L'onde inverse et les soupapes. — Je viens de prononcer le mot d'onde inverse. On sait qu'on désigne par ce terme l'onde développée dans la bobine

par la fermeture du courant primaire FF′ (fig. 2), onde de potentiel relativement faible, et qui de sens opposé au courant qui lui a donné naissance traverserait donc l'ampoule en sens inverse, c'est-à-dire de la cathode à l'anode, si l'on n'y mettait bon ordre.

Une ampoule radiogène ne saurait supporter sans être rapidement mise hors d'usage, le passage de cette onde inverse. On s'est donc vu obligé pour la supprimer, de créer sur le parcours du circuit secondaire, une résistance artificielle suffisamment forte pour arrêter cette onde inverse, mais non pour empêcher le passage de l'onde directe de rupture qui est à un potentiel beaucoup plus élevé. Ces résistances ont reçu le nom de soupapes. Elles sont constituées par un tube de verre où le vide a été poussé à un degré suffisant pour créer une résistance assez faible, telle que l'on se la propose. Cette résistance est légèrement augmentée par une des deux électrodes qui en traversent les extrémités et qui est enroulée en spirale. Ce petit appareil, dû à M. Villard, nécessite un réglage assez délicat, mais constitue une excellente soupape lorsqu'il fonctionne dans de bonnes conditions.

Nous verrons plus tard, lorsque nous étudierons le réglage du degré de vide dans les ampoules, comment on peut de la même façon, régler le degré de vide dans les soupapes.

Spintermètre. — Sur le circuit d'utilisation secondaire est disposé un appareil excessivement simple dû à M. Béclère, qui sert à mesurer la résistance totale du circuit électrique de l'ampoule et qu'il a appelé le *Spintermètre*. Comme dans ce circuit l'ampoule est le principal organe de résistance, pratiquement le spintermètre mesure d'une façon toute empirique d'ailleurs, la résistance intérieure de l'ampoule.

Cette ampoule étant reliée par deux conducteurs aux deux pôles de la bobine, on place sur l'un des conducteurs une bague métallique dans laquelle glisse à frottement doux une tige également métallique graduée en centimètres, terminée par une pointe, munie d'un manche isolant, et que l'on peut à volonté rapprocher de l'autre conducteur jusqu'au point d'arriver en contact avec lui. Au niveau du point de contact on a disposé une petite pointe dirigée contre la pointe de la tige métallique mobile, de manière à ce que l'étincelle puisse jaillir facilement entre les deux (fig. 6).

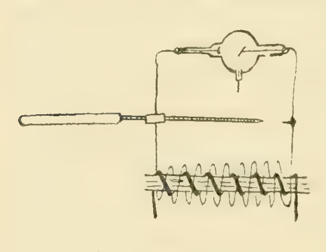


Fig. 6. — Spintermètre.

Le spintermètre est placé dans le circuit avant l'ampoule de manière à ce que, si le courant passe alors que les deux pointes sont en contact, le circuit soit fermé sur le spintermètre. Il ne passe alors aucun courant dans l'ampoule. Si on éloigne les deux pointes en déplaçant simplement en arrière la tige métallique, une étincelle éclate entre elles jusqu'à ce que la couche d'air interposée ainsi offre une résistance supérieure à celle de l'ampoule. A ce moment précis le courant, au lieu de manifester son passage par l'éclatement de l'étincelle, passera dans l'ampoule. Le langage courant exprime ce fait en disant que l'ampoule a tant de centimètres d'*étincelle équivalente*, ou de *distance explosive*. Plus l'ampoule est résistante, plus l'étincelle est longue, et plus l'ensemble des radiations émises est pénétrant. Le spintermètre permet donc de mesurer très approximativement le degré de pénétration des rayons X émis par une ampoule ; mais cette qualité des rayons se mesure beaucoup plus exactement avec

un autre appareil, qui est le radiochromomètre de Benoist.

Le Radiochromomètre. — Cet appareil est basé sur les propriétés radiochroïques des corps. Nous avons vu (chapitre II) que certains corps, comme l'argent, n'étaient pas sélectifs pour les rayons X et se laissaient traverser à peu près également par toutes sortes de rayons ; que d'autres, au contraire, comme l'aluminium, étaient particulièrement sélectifs, ne laissant passer que les rayons durs, et retenant les rayons mous proportionnellement à leur épaisseur.

Le radiochromomètre de Benoist est donc constitué par un disque d'argent d'une épaisseur de un millimètre, autour duquel se trouvent disposés concentriquement douze petits secteurs d'aluminium dont l'épaisseur varie de 1 à 12 millimètres.

En plaçant cet appareil interposé entre un faisceau de rayons X et un écran fluorescent, on aura une image fixe pour la pastille centrale d'argent, et une série d'images de plus en plus foncées correspondant aux épaisseurs de plus en plus grandes des gradins d'aluminium.

On recherche quel est celui des douze secteurs d'aluminium qui présente la teinte semblable à celle de la pastille d'argent. et l'on désignera par le numéro du secteur d'aluminium ainsi trouvé, la qualité du rayonnement examiné.

L'échelle ainsi constituée comprend douze degrés :

Les rayons I et II sont considérés comme très mous ;

les rayons II et III sont mous ;

ceux qui correspondent aux épaisseurs IV, V, VI sont moyens ;

VII et VIII sont demi-durs ; IX et X nettement durs, et XI et XII enfin sont très durs.

Le radiochromomètre de Benoist est universellement employé pour désigner la qualité des rayons X émanant d'une ampoule. Sa précision est suffisante, bien qu'à la vérité il ne donne pas une désignation absolue. Si l'on dit par exemple d'un tube, qu'il donne des rayons n° VI Benoist, cela signifie que la teinte se rapprochant le plus de celle de la pastille d'argent est donnée par le secteur d'aluminium ayant six millimètres d'épaisseur, et que par conséquent l'ensemble des rayons du faisceau émis est d'une dureté moyenne.

D'autres appareils plus précis, mais aussi plus délicats, tels que le radiosclérometre de Villars, servent à mesurer la qualité du rayonnement. Ils ne sont pas d'un usage courant.

Nous étudierons dans le chapitre consacré à la radiothérapie les appareils servant à mesurer la quantité des rayons absorbés par la peau et en général les tissus vivants.

CHAPITRE IV

Production des Rayons X (suite).

Les ampoules radiogènes.

L'ampoule ou le tube à rayons X constitue évidemment l'appareil le plus délicat de toute une installation radiologique.

Sa construction dans le détail de laquelle je n'entrerai pas, a sollicité les recherches les plus patientes, les soins les plus minutieux des ingénieurs spéciaux qui s'en occupent.

Avant la guerre on construisait déjà fort bien en France, mais on doit avouer que pour les intensités fortes les tubes allemands étaient supérieurs aux tubes français. La guerre a donné une impulsion nouvelle et puissante aux maisons françaises, bien obligées de se passer des constructeurs allemands ; et aujourd'hui, grâce aux perfectionnements techniques apportés à la construction des ampoules, ces dernières n'ont plus grand'chose à envier à leurs rivales d'Outre-Rhin.

On construit actuellement deux types d'ampoules très différents, suivant le mode d'émission des rayons cathodiques, source des rayons X.

1° *Les tubes à gaz*, dans lesquels l'émission des électrons se fait aux dépens du gaz résiduel qui reste à l'intérieur.

2° Les tubes dans lesquels, le vide y étant poussé jusqu'à l'absolu, et ne contenant par conséquent pas de gaz résiduel, l'émission électronique est produite aux dépens d'un filament métallique fixé dans la cathode et chauffé au blanc éblouissant par un courant électrique accessoire.

Les ampoules du premier type sont encore actuellement les plus employées : leur prix de revient est bien plus abordable, elles nécessitent pour leur fonctionnement un appareillage plus simple. Mais celles du second type présentent de tels avantages comme facilités de réglage ; elles peuvent donner un rayonnement plus pénétrant et tellement plus facile à obtenir au degré radio-chromométrique voulu, qu'elles ont de plus en plus tendance à remplacer les premières dans les usages courants. Leur emploi se généralisera très certainement quand les constructeurs arriveront à les fournir à des prix raisonnables[1] ; mais elles devront céder la place, pour la radiothérapie profonde, aux tubes à gaz et à eau bouillante, dont nous parlerons plus loin.

Les tubes à gaz sont généralement construits de la façon suivante : un tube de verre fin, soufflé de manière à ce que sa partie centrale forme une sphère régulière, plus ou moins volumineuse selon les modèles, a ses deux extrémités A et C traversées par les électrodes. En C est l'électrode négative ou cathode, en A se trouve l'anode ou électrode positive (fig. 7).

Dans les tubes du genre Chabaud, l'anode est terminée par une lame de platine qui fait fonction d'anticathode, c'est-à-dire de point d'arrêt des rayons cathodiques et par conséquent de foyer d'émission des rayons X. C'est le focus, incliné généralement

1. Ces ampoules, construites en Amérique, reviennent actuellement avec le transformateur destiné au chauffage du filament, à environ trois mille francs. Naturellement, elles cassent comme les autres.

à 45° sur l'axe longitudinal des électrodes. Cette lame de platine (ou de tungstène), F, de forme quadrilatère ou circulaire, est au centre même du tube, calculé de manière à se trouver au foyer de la cathode qui est constituée par une cupule concave. Les rayons cathodiques émis toujours normalement à la cathode viendront ainsi converger en un point de l'anticathode appelé *point d'impact*.

L'anticathode doit toujours être constituée par un métal dont le point de fusion est très élevé, car la

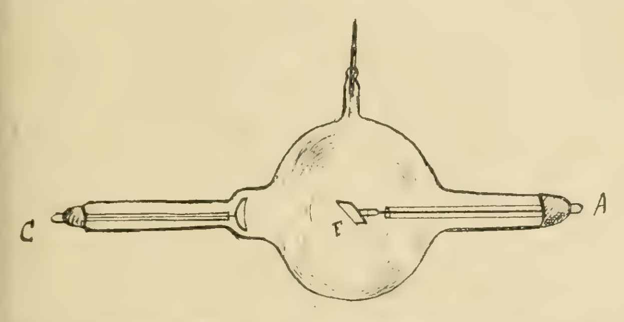


Fig. 7. — Ampoule française, type Chabaud, avec osmo régulateur de Villard.

chaleur dégagée par le choc des rayons cathodiques est telle qu'il suffit de quelques secondes pour porter au rouge vif une anticathode de platine ou de tungstène. Aussi les constructeurs ont imaginé un certain nombre de dispositifs pour refroidir l'anticathode : le plus communément employé est soit un radiateur à ailette, soit un radiateur à eau. Dans les ampoules qui doivent supporter de grosses intensités, l'anticathode est généralement renforcée d'une masse de cuivre rouge qui favorise la dispersion de la chaleur et empêche la fusion du métal anticathodique. De telles ampoules sont presque toujours munies d'un refroidisseur à eau. Plusieurs maisons construisent

des tubes dont le réservoir à eau est lui-même constitué par une boule de cuivre. Ces tubes, dits *intensifs*, peuvent supporter jusqu'à 40 et 50 milliampères, mais pendant des temps très courts (fig. 8).

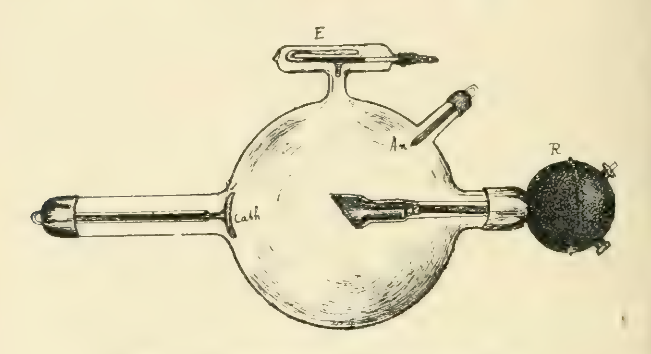


Fig. 8. — Ampoule intensive par radiographie rapide.

Les régulateurs. — Par suite de son fonctionnement, il se produit dans une ampoule, une raréfaction du gaz résiduel, soit par la décomposition moléculaire qui fournit les électrons, soit par l'absorption de gaz par les parties métalliques portées à une température élevée. Cela étant, l'ampoule contenant moins de gaz oppose une résistance plus grande au passage du courant, ce qui se traduit au spintermètre par une augmentation de l'étincelle équivalente. On dit que l'ampoule durcit. Les rayons deviennent alors plus pénétrant, — plus durs — et si le phénomène continuait, il arriverait que le courant ne pourrait plus passer dans le tube et passerait alors d'un conducteur à l'autre en quelque point du circuit secondaire, sous forme d'étincelle. Ceci doit être évité avec d'autant plus de soins que d'une façon générale on doit faire en sorte qu'une ampoule se tienne toujours au même régime pour qu'elle fonc-

tionne régulièrement et dure longtemps. Il faut donc, de toute nécessité, que chaque tube soit muni d'un appareil régulateur permettant d'introduire par un moyen quelconque une certaine quantité de gaz à l'intérieur au fur et à mesure de son fonctionnement.

Jusqu'à présent ces régulateurs de vide sont de trois sortes :

L'osmo-régulateur de Villard;

Le régulateur à étincelle;

Le régulateur à air de Bauer.

L'osmo-régulateur est constitué par un petit tube de platine de six ou sept centimètres de long, soudé dans les parois de l'ampoule. En chauffant au rouge son extrémité libre, on introduit dans le tube une petite quantité de l'hydrogène contenue dans la flamme, on diminue ainsi le degré de vide de l'ampoule[1]. Procédé très sensible, très pratique et de durée illimitée.

Le *régulateur à étincelle* est constitué par un petit diverticule soudé sur un côté de l'ampoule et renfermant une matière contenant une certaine quantité de gaz qu'on peut libérer par le chauffage ou plus simplement par le passage du courant électrique. Deux petites antennes relient à cet effet le régulateur aux deux pôles de la bobine. L'inconvénient de ce régulateur est d'être de durée limitée, la provision de gaz pouvant s'épuiser assez vite. De plus il est parfois un peu brusque.

Le *régulateur à air* semble devoir remplacer les deux autres. Il consiste à introduire directement de l'air dans le tube grâce à une petite pompe et une soupape à mercure très ingénieuse disposée dans un diverticule du tube soudé sur sa paroi[2].

1. Ce procédé est fondé sur la propriété qu'a le platine chauffé au rouge de laisser passer l'hydrogène (Sainte-Claire-Deville et Troost). La pression étant très faible dans le tube, l'hydrogène passe forcément de l'extérieur à l'intérieur.

2. Nous n'entrons pas dans le détail de tous ces organes accessoires dont la connaissance n'est utile qu'aux techniciens.

Nous désignerons les ampoules du second type, dans lesquelles l'émission des rayons cathodiques se fait aux dépens d'un filament de métal chauffé, sous le nom de tubes « types Coolidge », du nom de l'ingénieur américain qui le premier les a fait construire.

Dans ces ampoules le vide est poussé très loin, à tel point qu'on peut le considérer comme absolu, et que sans un dispositif spécial le courant ne pourrait en aucune façon les traverser quelle que soit la tension.

Dans un tel tube il ne saurait se produire la moindre émission d'électrons dans les conditions ordinaires des autres tubes. Tout autre est le principe : la cathode est formée par un petit filament de tungstène que l'on porte à l'incandescence au moyen d'une petite batterie d'accumulateurs ou au moyen d'un transformateur spécial appelé « transformateur de filament ».

On conçoit que tout tube à rayons X fonctionnant sous un haut potentiel, tous les organes adjacents et en connexion avec ce tube, doivent être portés au même potentiel et par conséquent soumis à un isolement rigoureux.

Dans le tube Coolidge, le nombre des électrons projetés de la cathode à l'anticathode est fonction de la *température du filament*, on agira donc sur l'intensité qui passe dans le tube en augmentant ou en diminuant la température du filament, ce qui se fait de la façon la plus aisée du monde en augmentant ou en diminuant le courant de chauffage du filament.

Quant à la *pénétration du rayonnement*, elle est en fonction directe de la vitesse des électrons et dépend seulement de la différence de potentiel aux deux bornes du tube.

Intensité du courant et pénétration du rayonnement sont donc complètement indépendantes l'une de l'autre, et c'est là le caractère capital qui

différencie ces tubes des tubes ordinaires à gaz.

Le filament cathodique F (fig. 9) est placé dans une petite cupule de molybdène, et deux fils le mettent en communication avec une armature externe à vis V qui amène le courant de chauffage. L'anticathode A est une masse de tungstène qui ne possédant pas de dispositif de refroidissement arrive rapidement au rouge blanc. Le modèle représenté par notre figure 9, est appelé le tube Standard, c'est le plus puissant des tubes Coolidge.

Il existe un autre modèle de tube Coolidge, plus petit, possédant un dispositif de refroidissement à

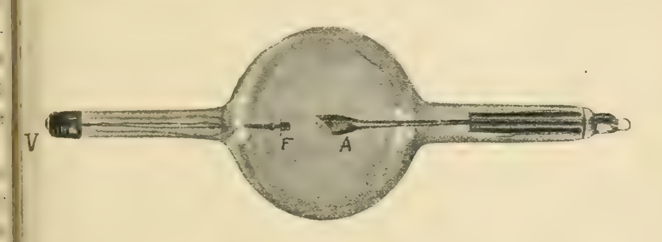


Fig. 9. — Tube coolidge

ailette, dont l'anticathode ne s'échauffe que peu et qui a l'avantage de constituer lui-même sa propre soupape.

Ce tube a permis de simplifier le matériel radiologique. Certaines maisons ont construit des meubles spéciaux, contenant un transformateur à circuit magnétique fermé, fonctionnant directement sur courant alternatif et uniquement destinés au fonctionnement des petits tubes Coolidge. Une dérivation de 8 volts prise sur ce transformateur à haut potentiel est destinée au chauffage du filament. Ces meubles ont été donnés comme très pratiques : les constructeurs les vantaient à l'envie; plus de réglage, plus de soupapes, plus d'ennuis ; on presse sur un bouton,

et le tube donne immédiatement son rayonnement qui est fixe, indépendant de toute cause d'erreurs, régulier, parfait. Les mêmes constructeurs n'ajoutaient pas que ces meubles étaient dangereux — peut-être n'en savaient-ils rien. — Ne possédant pas de rhéostat de réglage au primaire, tout le courant du transformateur passe dans le tube; et si par hasard un contact mal établi, une précaution insuffisamment prise, amène un contact quelconque entre le circuit de haute tension et les appareils d'utilisation qui sont à la portée de la main de l'opérateur, celui-ci peut tomber foudroyé à la seconde, à moins que ce ne soit le malade, ou encore tous les deux à la fois. Le fait s'est produit en France où le spécialiste éminent qu'était le docteur Jaugeas a trouvé la mort par suite d'un concours de circonstances que je veux bien croire fortuites. Des accidents analogues se seraient produits en Amérique. Si bien qu'à mon avis, ces meubles, soi-disant perfectionnés, devraient être bannis de la pratique ccurante, quelle que soit l'ingéniosité déployée par les constructeurs pour les rendre inoffensifs.

Le tube Coolidge lui-même n'est pas sans défauts. Tout d'abord il n'émet pas des rayons X que par la face antérieure de son anticathode, mais par toute la surface de celle-ci. Cela nécessite des moyens de protection renforcée qui ne sont pas toujours compatibles avec une manipulation aisée. Néanmoins on y parvient tout de même.

Son rayonnement que l'on avait cru d'abord beaucoup plus homogène que celui des tubes à gaz, ne l'est en réalité pas davantage.

Nous avons vu de quel facteur dépendait la pénétrabilité des rayons, et par suite de quel phénomène un faisceau de rayons était toujours plus ou moins hétérogène. Ces conditions existent pour le tube Coolidge comme pour les autres.

Il n'en reste pas moins qu'il possède une stabilité fixe pendant son fonctionnement, quelle qu'en soit la durée, et quel que soit le degré de dureté de ses rayons.

Ces qualités le rendent tout à fait précieux pour la radiothérapie, où il y a souvent intérêt à faire des séances longues avec un rayonnement dont la pénétration peut être considérable.

Nous verrons dans le chapitre que nous consacrerons à la radiothérapie que le tube Coolidge peut fonctionner pendant des heures avec une intensité de 4 à 5 milliampères et un voltage qui donne 20, 22 et même 25 centimètres d'étincelle équivalente.

On va plus loin, et les constructeurs peuvent nous livrer aujourd'hui des bobines avec lesquelles on peut atteindre jusqu'à 40 centimètres d'étincelle. Cela nécessite un voltage au secondaire de plus de 180.000 volts ; tous les tubes ne peuvent évidemment pas être soumis à un pareil régime. Les tubes Coolidge eux-mêmes ne peuvent supporter d'aussi fortes tensions, et pour la radiothérapie très profonde on est obligé d'avoir recours aux tubes dits à eau bouillante. Ce sont des tubes qui ne fonctionnent que sous un régime élevé et dans lesquels le courant ne passe qu'à partir d'un potentiel de 30 ou 40.000 volts. On conçoit dans ces conditions, que l'intensité marquée au milliampère représente une intensité effective, beaucoup plus réelle que celle des tubes Coolidge dans lesquels le courant passe à partir des plus basses tensions, et naturellement s'inscrit au milliampèremètre.

Ces tubes en marche régulière ont une tendance normale à durcir : on les maintient à leur degré de pénétration voulue très facilement, grâce à un osmo-régulateur en palladium infiniment plus sensible que l'osmo-régulateur au platine et qu'un dispositif automatique fait fonctionner quand le durcissement

dépasse la limite voulue, de même qu'il cesse d'agir automatiquement quand l'ampoule est revenue à son degré de pénétration normal. L'action radio-thérapeutique n'en est nullement influencée car le réglage est extrêmement rapide avec le palladium, une ou deux secondes parfois une fraction de seconde suffisent pour le maintien de ces tubes à leur régime, lorsqu'ils l'ont dépassé. Les tubes à eau bouillante que l'on commence à bien fabriquer en France sont jusqu'ici le meilleur instrument que nous possédions pour la radiothérapie profonde.

CHAPITRE V

Installations radiologiques.

Les installations radiologiques présentent quelques variétés selon la source d'énergie électrique dont on dispose, et suivant que l'on se propose plus particulièrement telle ou telle opération radiologique. Mais une bonne installation doit pouvoir répondre à toutes les indications : radioscopie, radiographie, radiothérapie.

Sur courant continu, il y a, à mon avis, avantage à employer une bobine puissante avec un bon interrupteur. La bobine répond mieux que n'importe quel transformateur à toutes les indications pratiques ; on peut lui objecter qu'on ne peut atteindre avec elle les hautes intensités que nécessite la radiographie instantanée : pratiquement, et à moins qu'on veuille se livrer à des travaux spéciaux, elle répond à tous les besoins et permet de bonnes radiographies en une ou deux secondes.

Sur courant alternatif, la bobine réussit également très bien, mais son rendement ne peut être utilisé dans son intégralité parce qu'on est limité par le nombre des phases du courant primaire. Le transformateur à circuit magnétique fermé et à dispositif tournant trouve là ses indications les plus nettes comme ses plus chauds partisans.

Les interrupteurs. — Je dirai quelques mots d'un appareil sans lequel aucune bobine ne saurait fonctionner et que les constructeurs se sont appliqués à rendre le plus parfait possible, j'ai nommé *l'interrupteur.*

Lorsqu'on dispose pour alimenter une ampoule radiogène du courant continu, il est indispensable pour produire les variations de flux qui donnent naissance au courant secondaire de haute tension, de couper ce courant aussi rapidement et aussi brusquement qu'il est possible, sans toutefois dépasser une certaine vitesse, car il est nécessaire au moment où la rupture se produit, que le courant soit arrivé à sa valeur maxima, et cela demande malgré tout un certain temps. Ces interruptions doivent être très brusques, et comme elles doivent se répéter un nombre assez considérable de fois par seconde, l'interrupteur qui les produit doit être doué d'un certain nombre de qualités.

Ces appareils étaient autrefois constitués par une sorte de rupteur muni d'un ressort et qui étant attiré au moment du passage du courant par le noyau de fer doux de la bobine, coupait de ce fait le courant et était alors ramené à sa position initiale grâce au ressort sur lequel il était monté.

Cette disposition ne permettait de réaliser des interruptions ni franches, ni brusques, ni rapides. Les parties métalliques du rupteur donnaient lieu à une étincelle vive et on ne pouvait alors employer qu'une intensité trop faible pour les usages courants de la radiologie.

Très rapidement les constructeurs furent amenés à établir des interrupteurs dits *autonomes* parce que leur fonctionnement est complètement indépendant de celui de la bobine.

Il existe actuellement deux types de ces interrupteurs : l'interrupteur à turbine et à jet de mercure, et l'interrupteur électrolytique.

L'usage de ce dernier tend à se restreindre de plus en plus, et l'interrupteur à turbine que nous décrirons ici est aujourd'hui presque universellement employé.

L'interrupteur à turbine est ainsi nommé parce qu'il se compose d'une véritable petite turbine T actionnée par un moteur électrique M (fig. 10) et

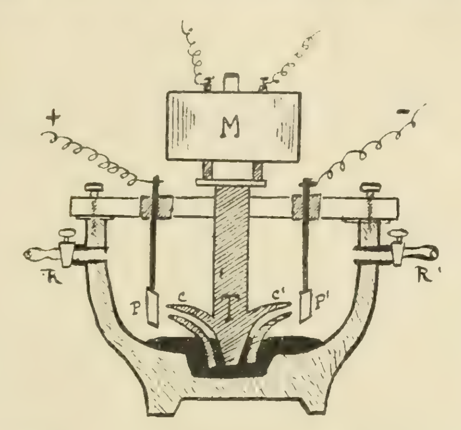


Fig. 10. — Coupe schématique d'un interrupteur à turbine.

tournant à l'intérieur d'une cuve en fonte au fond de laquelle se trouve une certaine quantité de mercure. Dans ce mercure vient plonger l'extrémité inférieure de la turbine qu'on appelle la *toupie* de l'interrupteur.

Cette toupie est en général de forme tronconique; elle est percée de deux ou quatre conduits *cc'* dont les orifices inférieurs s'ouvrent en dessous de la toupie. Ils sont par conséquent plongés dans le mercure qui garnit le fond de la cuve.

Par leur orifice supérieur ces conduits s'ouvrent sur la partie latérale de la toupie en des points opposés

et symétriques, et tous au-dessus du niveau du mercure.

A l'intérieur de la cuve plongent deux palettes métalliques P et P' qui sont placées sur le parcours du circuit primaire. Elles sont disposées de manière à être placées à une distance très faible (2 ou 3 millimètres au plus) de l'extrémité supérieure des conduits de la toupie.

L'interrupteur fonctionne de la façon suivante : on met en marche le moteur M grâce à une dérivation de courant prise sur le circuit primaire. Ce moteur entraîne la toupie, et lorsque la vitesse est suffisante, le mercure monte dans les conduits et le jet s'échappant par leur orifice supérieur vient se briser au contact des palettes situées vis-à-vis de ces conduits, au moment précis où l'extrémité supérieure des conduits passe en regard des palettes.

A ce moment-là, le mercure réunissant les deux palettes opposées, permet au courant électrique de passer d'une palette à l'autre, à travers les conduits de la turbine et le mercure de la cuve. Le courant sera établi à chaque passage des conduits devant les palettes et rompu dans l'intervalle.

On arrive très bien à régler la vitesse de la turbine de manière à ce que chaque interruption corresponde à peu près au temps de l'ascension de la courbe du courant primaire. Si ce dernier est de faible tension, les interruptions devront être peu nombreuses par seconde ; leur nombre peut au contraire être très augmenté si le voltage du primaire est suffisamment élevé.

Nous avons vu précédemment qu'on utilisait l'onde produite par la rupture du courant primaire. Cette rupture dans l'interrupteur autonome à turbine est rendue aussi brusque que possible grâce à la vitesse du moteur. Elle est également améliorée si on remplace l'air qui se trouve normalement dans l'intérieur

de la cuve, par un milieu plus isolant, comme l'hydrogène, ou plus simplement le gaz d'éclairage. Si l'on ne dispose ni de l'un ni de l'autre, on peut les remplacer par des vapeurs d'éther que l'on introduit à l'aide d'une soufflerie quelconque. Deux robinets à gaz sont disposés pour cela sur les parois de la cuve : R, R'.

La cuve est fermée à son orifice supérieur par une plaque métallique circulaire à travers laquelle passent, dans un orifice garni d'un bon isolant, les fils reliant les palettes au courant primaire.

Sur courant continu, ces interrupteurs sont à la fois souples, simples et d'un excellent rendement : on peut produire jusqu'à deux cents interruptions par seconde.

On peut aussi les employer sur courant alternatif. Mais alors on doit adapter, pour faire tourner la toupie, un moteur synchrone avec le courant alternatif, de manière à ce que les coupures à l'intérieur de la cuve coïncident exactement avec les phases du courant.

Ces interrupteurs donnent également de très bons résultats. Mais sur le courant alternatif, il peut être préférable d'employer directement les meubles avec un dispositif de *contact tournant*[1] qui, s'ils ne sont pas recommandés pour la radiothérapie, permettent néanmoins le passage dans le tube d'une intensité beaucoup plus forte que les bobines, et donnent la faculté d'exécuter des radiographies en des fractions de seconde, ce qui peut avoir son utilité pour obtenir de bons clichés du cœur par exemple.

Il existe de nombreux modèles d'interrupteurs, de bobines, de transformateurs, de contacts tournants; les uns sont horizontaux, les autres verticaux. Les

1. Ces meubles peuvent aussi s'employer sur courant continu, mais indirectement, par l'intermédiaire d'une commutatrice qui donne du courant alternatif, seul utilisable avec les transformateurs à circuit magnétique fermé.

appareils sont montés isolément ou groupés en sellettes ou crédences d'aspect et de forme variés et avec plus ou moins d'élégance, et, ce qui est mieux, de facilité de manœuvre. Tout cela suivant la fantaisie et l'ingéniosité des constructeurs.

Au fond, à part quelques modifications de détail et quelques ingénieuses dispositions plus ou moins pratiques, les principes généraux sont les mêmes, et le but à poursuivre est généralement atteint. Notre but à nous n'est pas de faire dans ces quelques pages, la nomenclature des appareils existants : je renvoie pour cela, les lecteurs que la question intéresse, aux catalogues des différents constructeurs ; ces derniers seront certainement plus habiles que moi à vanter respectivement leurs mérites.

Pour nous résumer, l'ensemble des appareils nécessaires pour produire des rayons X se répartit en deux groupes :

1° *Le primaire* qui part de la source et va jusqu'au circuit primaire du transformateur.

Il comprend :

1) le rhéostat de réglage du courant primaire,

2) l'interrupteur autonome à mercure et le condensateur,

3) l'ampèremètre,

4) le voltmètre (facultatif),

5) le circuit primaire de la bobine.

2° *Le secondaire* qui part de l'enroulement secondaire de la bobine et aboutit aux deux bornes de l'ampoule, et qui comporte :

1) les soupapes, généralement au nombre de deux,

2) le spintermètre,

3) le milliampèremètre,

4) l'ampoule.

Avec les meubles à contacts tournants, nous retrouvons tous ces organes, sauf les soupapes devenues inutiles par suite de la suppression de l'onde inverse,

et l'interrupteur de courant primaire qui n'a plus sa raison d'être.

Les opérations médicales que l'on peut pratiquer grâce aux rayons X sont de trois sortes :

1° *La radioscopie*, qui consiste à étudier les ombres produites sur un écran fluorescent par l'interposition d'une partie du corps humain entre cet écran et un foyer d'émission de rayons X.

2° *La radiographie*, qui, en substituant une plaque photographique à l'écran fluorescent, permet de fixer sur un cliché durable, l'image forcément fugitive que l'œil avait perçue sur l'écran.

3° *La radiothérapie*, qui consiste, en utilisant l'action biologique des rayons X sur les tissus vivants, à produire une série de modifications destructives ou réparatrices au niveau de formations cellulaires, produites ou altérées par un processus pathologique quelconque.

Les deux premières opérations, *radioscopie* et *radiographie*, sont des procédés d'examens médicaux. Intimement liés aux procédés de la clinique générale, ils précisent, complètent ou établissent de toutes pièces, un diagnostic médical ou chirurgical; ils constituent le *radiodiagnostic*.

La *radiothérapie* est un procédé de *traitement*, basé sur les actions biologiques des radiations à courte longueur d'onde.

Nous allons exposer dans les chapitres suivants, d'une part ce que le diagnostic, d'autre part ce que la thérapeutique doivent aux rayons X. Nous dirons auparavant quelques mots de cette action biologique des rayons X, des avantages qu'elle comporte comme des dangers qu'elle présente, et comment en exploitant les uns et en écartant les autres, les rayons X sont parvenus à prendre une place de premier ordre dans le traitement de certaines affections.

CHAPITRE VI

Action biologique des rayons X.

Leurs dangers. — Les moyens de protection.

Les rayons X n'ont pas la propriété de traverser les corps vivants sans y provoquer certains troubles. Tous les tissus de l'organisme, toutes les cellules vivantes peuvent être touchées par eux, mais elles ne le sont pas toutes également : les unes sont plus sensibles que les autres, et telle dose qui déterminera la mort d'une cellule jeune et en pleine activité, n'aura qu'une action restreinte et peu apparente sur une cellule vieille, absolument différenciée et appartenant à un tissu dont l'évolution est complètement achevée.

La sensibilité des tissus vivants est exprimée par la loi biologique de Bergonié et Tribondeau : les cellules vivantes sont d'autant plus sensibles aux rayons X : 1° que leur activité karyokinétique est plus grande ; 2° que leur avenir karyokinétique est plus long[1].

1. La karyokinèse n'est autre que la reproduction de la cellule par division indirecte Mode de division cellulaire essentiellement propre aux cellules jeunes et de formation nouvelle, l'activité de la karyokinèse est d'autant plus grande, et son avenir d'autant plus long, que les éléments cellulaires sont plus jeunes et de formation plus récente.

Plus donc l'activité reproductrice d'une cellule sera grande, moins elle sera résistante à l'action des rayons X. Or ce sont les cellules jeunes qui se reproduisent avec le plus d'activité, les cellules différenciées, au contraire, constituant les tissus osseux, musculaire, nerveux, ne sont que peu vulnérables.

Parmi les cellules jeunes, en activité fonctionnelle, il faut considérer en première ligne les cellules des tissus lymphoïdes ou hématopoïétiques (moelle osseuse et rate), le sang, les cellules de certaines glandes à sécrétion interne (glandes séminale et ovarienne).

Comment agissent les radiations sur les cellules vivantes? Il est probable qu'il s'agit de la production d'un rayonnement secondaire aux dépens des éléments cellulaires qui sont les moins résistants, et par lequel il y a désagrégation électronique des molécules constituant les différentes parties de la cellule.

Ce n'est là qu'une hypothèse; en réalité nous ignorons tout de l'action exacte des rayons sur la matière vivante. Ce qu'il y a de certain, c'est que les rayons X provoquent la mort de la cellule s'ils sont absorbés en certaine quantité. Et cette quantité nécessaire pour tuer la cellule vivante dépend de la nature de la cellule. Nous avons vu quels étaient les éléments cellulaires les plus sensibles à cette action.

D'après les travaux de Regaud, toutes les parties de la cellule ne seraient pas sensibles au même degré, et la chromatine serait plus particulièrement affectée[1].

Radiodermites. — Quoi qu'il en soit, l'action nocive des rayons X sur la peau ne tarde pas à se manifester après des expositions répétées, par des accidents qui ont reçu le nom de *radiodermites*.

1. La chromatine est une substance albuminoïde qui constitue de fines granulations dans le noyau de la cellule.

Ces radiodermites peuvent être *aiguës* lorsqu'elles surviennent brusquement après des irradiations trop rapprochées et trop intenses : ce sont les radiodermites des malades. Elles sont *chroniques* ou anciennes lorsqu'elles s'établissent lentement, sournoisement, qu'elles succèdent à des absorptions lentes et progressives de rayons en faible quantité, mais très souvent renouvelées : ce sont les radiodermites des médecins radiologistes, accidents essentiellement professionnels.

Les *radiodermites aiguës* ont été le plus souvent observées chez les malades soumis à la radiothérapie alors qu'on ignorait l'usage des filtres et des rayons très pénétrants. Elles sont surtout produites par la trop grande quantité de rayons mous (par conséquent facilement arrêtés par la peau) que contient un faisceau de rayons X.

Le public donne volontiers le nom de brûlure à la radiodermite aiguë, et en effet il y a des rapports indiscutables entre les lésions observées et celles que l'on constate dans les brûlures d'une certaine étendue et d'un certain degré.

Au premier degré, la peau présente une rougeur généralement légère, qui peut s'accompagner de pigmentation pouvant aller jusqu'au brun foncé.

Aujourd'hui où la technique s'est considérablement améliorée, c'est la seule lésion qui puisse encore s'observer de temps en temps. Les autres degrés de la radiodermite aiguë n'ont plus guère qu'un intérêt historique : s'ils se produisent, il faut incriminer soit une faute de technique accidentelle, soit une inexpérience de la science des radiations qui n'est plus admissible actuellement.

Avec le deuxième degré, survient en dehors de l'érythème, une chute des poils qui peut très bien être définitive, et avec le troisième degré, après cinq à six jours de latence, apparaissent la rougeur vive,

les érosions de la peau, et de larges phlyctènes qui peuvent suinter longtemps, l'ulcération enfin, laissant à nu un derme rouge vif, suintant et saignant, bourgeonnant lentement, et dont la cicatrisation est excessivement longue, surtout quand l'ulcération s'accompagne de nécrose des tissus.

La *radiodermite chronique* se caractérise par des accidents locaux tenaces à évolution progressive, auxquels se joignent souvent des phénomènes généraux qui ne sont pas sans gravité.

Ce sont les mains qui sont ordinairement le siège des accidents locaux. On constate d'abord une certaine induration de la peau, un épaississement de la couche cornée, les ongles s'hypertrophient, se fendillent et deviennent cassants ; l'œdème des extrémités se produit qui aboutit à l'ulcération chronique.

Ce sont les cellules de la couche de Malpighi et les tissus sous-jacents qui sont altérés tout d'abord. Puis la lésion gagne en profondeur, il se produit des lésions d'artérite par action directe des rayons sur les nerfs vaso-moteurs; l'ulcère présente des contours sinueux, à fond dur, fibreux, entourés d'une zone non ulcérée mais très dure, ligneuse, avec des taches hémorragiques et plus à la périphérie des taches de pigmentation. Tout autour de ces lésions la peau est blanche, sèche, glabre. Au centre de l'ulcération peuvent apparaître des plaques de gangrène, « comparables aux plaques de gangrène sèche par artérite des vieillards » [1].

Une fatigue souvent considérable, avec vertiges, céphalée et inappétence, une anémie souvent accentuée, accompagnent ces troubles locaux : les rayons X ont une action destructive marquée sur les éléments figurés du sang, d'où création d'un état de moindre résistance aux infections secondaires pour ceux qui sont atteints.

1. Albert Weil. *Eléments de radiologie.*

Les accidents de radiodermite aiguë, lorsqu'ils ne dépassent pas le deuxième degré, sont rapidement guéris par des applications de pommade à l'oxyde de zinc ou mieux encore par une gelée préconisée par M. Nogier :

Eau.	100 grammes
Gélose.	1 gr. 25
Glycérine	àà 10 grammes.
Oxyde de zinc.	

Cette gelée en application matin et soir, fait rapidement disparaître l'érythème et la pigmentation. Dans l'ulcération même elle calme les douleurs et hâte beaucoup la cicatrisation.

On a préconisé également l'air chaud (Vignat), l'effluvation statique, les massages avec l'acide lipoïque, etc...

Dans les radiodermites chroniques des opérateurs, les divers traitements n'ont qu'une action précaire. Elles ont une évolution défavorable ; à très longue échéance on peut voir des ulcérations se reproduire, et l'épithélioma[1] venir se développer sur les lésions de radiodermite ancienne.

Une des actions les plus manifestes des rayons X est celle qui se développe sur les glandes séminales et ovariennes. Les cellules de ces glandes sont extrêmement sensibles ; il suffit d'une très faible quantité de rayons pour les détruire complètement et amener une stérilité durable, aussi bien chez l'homme que chez la femme.

Le foie, le corps thyroïde, la rate, semblent aussi sensibles, mais à des degrés différents.

1. Cancer développé aux dépens des cellules épithéliales ; il ne se développe pas spontanément à la suite d'irradiations fréquentes, mais peut être le fait d'une évolution des lésions de la couche cornée. Directement les rayons X ne produisent pas le cancer.

Les yeux qui sont particulièrement exposés chez les radiologistes ont été quelquefois atteints de conjonctivites. Mais les cellules mêmes de la rétine sont assez résistantes.

Moyens de protection.

On le voit, les accidents causés aux opérateurs par les rayons X sont graves; leur apparition sournoise, leur évolution lente et pour ainsi dire fatale, constituent un danger qui, pour avoir été un peu trop négligé par quelques-uns d'entre nous, a déterminé leur mort après des souffrances extrêmement vives.

Il était donc naturel que l'on ait cherché à se protéger dans la mesure du possible contre la nocivité de ces radiations.

Actuellement les moyens de protection du radiologiste sont assez efficaces. Ils comportent une série de précautions, dont les principales sont les suivantes :

1° L'ampoule radiogène est enfermée dans une cupule protectrice faite d'une substance renfermant dans sa composition une forte proportion de sels de plomb, lesquels, en vertu de leur poids atomique élevé, sont très peu perméables aux rayons. Une ouverture circulaire dans laquelle on dispose un diaphragme est ménagée devant l'anticathode et permet de localiser le faisceau radiant sur l'objet à examiner (fig. 11).

2° L'écran fluorescent qui reçoit les radiations est garni du côté de l'opérateur d'une épaisse glace renfermant des sels de plomb (verre plombeux) et qui constitue un moyen de protection très efficace.

3° L'opérateur aura soin de se munir de lunettes garnies de verres plombeux. Il pourra porter un masque protecteur. Mais cela est gênant et mal commode.

Il devra surtout porter des gants faits de tissu caoutchouté contenant des sels de plomb, car les mains qui font jouer toutes les manettes et le diaphragme de l'ampoule sont particulièrement exposées. Enfin il devra porter un grand tablier formé de caoutchouc au plomb.

Grâce à ces précautions, il sera à peu près à l'abri en pratiquant ses examens radioscopiques.

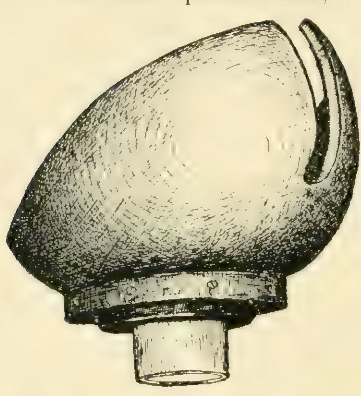


Fig. 11. — Cupule protectrice en ébonite ou en verre plombeux garnie d'un localisateur.

Lorsqu'il pratiquera une radiographie ou une séance de radiothérapie, son principal souci ne sera pas de se barder de caoutchouc plombeux, mais de se tenir en arrière de l'anticathode. Cela lui est facile, et c'est le procédé le plus efficace, car les ampoules ordinaires n'émettent pas de rayons par leur face postérieure.

Avec une ampoule Coolidge, ce moyen ne serait pas suffisant. Ces ampoules, en effet, émettent des radiations par toute la surface de leur anticathode [1]. Dans ces conditions il sera nécessaire pour l'opérateur de se séparer du tube en activité par un paravent de bois assez large et garni *sur ces deux faces*

1. La quantité de radiations émise par la face postérieure d'une ampoule Coolidge en activité est égale au dixième de la quantité totale du faisceau radiant émise par sa face antérieure. Certains physiciens ont prétendu que cette quantité pouvait atteindre 25 p. 100.

de plaques de plomb d'au moins trois millimètres d'épaisseur. Cette précaution est indispensable ; et si malgré toutes ces précautions, l'opérateur constatait sur lui des traces de radiodermite au début, il devrait alors cesser de pratiquer la radiologie, ne pas attendre que les lésions soient devenues graves et que les organes glandulaires aient été profondément affectés, car alors rien n'arrêterait la marche progressive de la radiodermite. Et il pourrait payer de sa vie son imprudente persévérance.

On a mené grand bruit au sujet d'expériences qui auraient démontré la nocivité des rayons X pour les voisins, à travers murs et planchers. Théoriquement il est certain que le faisceau rayonne à une grande distance, mais il est également exact que son intensité, qui décroît en raison inverse du carré de cette distance, se trouve absorbée proportionnellement au poids atomique des corps qu'il traverse. Les moyens de protection employés rendent donc parfaitement illusoire le soi-disant danger signalé, car dans la pratique l'ensemble des conditions nécessaires pour la propagation des rayons à grande distance ne se trouve jamais réuni.

CHAPITRE VII

La radioscopie.

L'examen radioscopique permet de saisir sur un écran fluorescent les différences d'opacité des ombres produites dans la traversée du corps humain par un faisceau de rayons X.

Les images produites sur l'écran sont fugitives. Au point de vue de leur forme et de leurs dimensions, elles ne sont pas exactes. Elles ne sont qu'approximatives.

Vues dans leur ensemble, elles sont toujours agrandies, d'autant plus que le sujet est placé plus près du foyer d'émission des rayons et plus loin de l'écran, d'autant moins au contraire qu'il se trouve plus éloigné de l'ampoule et plus rapproché de l'écran.

Les images sont non seulement agrandies, elles sont encore déformées d'autant plus qu'elles sont examinées plus obliquement par rapport au foyer anticathodique (fig. 12).

Le schéma représenté ci-dessus montre bien que les images des deux boules extrêmes B^1 et B^3 qui sont plus obliques que la boule centrale B^2 par rapport à l'anticathode A, sont plus grandes et plus déformées que l'image de cette dernière qui se trouve sur le trajet du faisceau central des rayons R.

De plus, si le radiologiste prend soin de faire coïncider successivement tous les points du contour de

son objet avec le rayon qui, issu du centre de l'anticathode, est perpendiculaire à l'écran, s'il trace au fur et à mesure sur la glace de l'écran l'image ainsi obtenue, il aura tracé une image exacte comme forme et comme dimensions.

Le rayon perpendiculaire à l'écran se nomme le *rayon normal* : son importance est considérable. Bien manié et convenablement dirigé il permet le tracé de figures qu'on a appelées des *orthodiagrammes*, sans lesquels il est impossible de faire un examen sérieux du cœur.

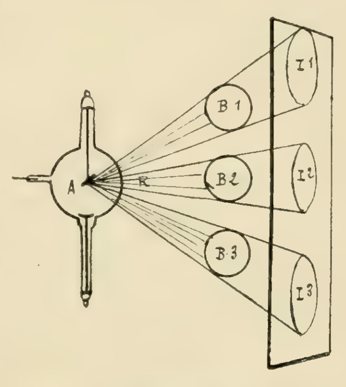


Fig. 12. — Agrandissement et déformation des images radioscopiques.

Contrairement donc à ce qu'il serait permis de supposer tout d'abord les images radioscopiques, bien qu'elles apparaissent dans leur ensemble agrandies et déformées, ne sont pas trompeuses. « Seul, dit M. Béclère, est trompé par sa faute, l'observateur qui méconnaît les conditions géométriques de leur formation et par suite interprète mal leur langage muet[1] ».

Un autre procédé pour rectifier les images radioscopiques et les obtenir dans leur ensemble sensiblement exactes, consiste à éloigner suffisamment l'ampoule de l'objet à examiner, de manière à ce qu'étant donnée la distance, les rayons soient sensiblement parallèles. Le procédé est peu employé, il nécessite pour les examens radioscopiques une trop grande

1. A. Béclère. *Radiologie et Radiumthérapie*. Maloine, édit. Paris.

intensité dans les ampoules, et la manœuvre du tube devient incommode. C'est la *téléradioscopie*. La *téléradiographie* pour obtenir des images du cœur non déformées est un peu plus facile, mais reste l'apanage dé quelques laboratoires spéciaux, et n'est pas entrée dans la pratique courante.

Nous savons à quoi sont dues les différences de teinte observées sur l'écran : parmi les organes traversés, les uns, les tissus mous, ne contiennent pas de substances à poids atomique lourd[1] ; les autres, au contraire, comme les os, contiennent de la chaux et du phosphore dont le poids atomique est plus élevé, leur tissu est dense et plus serré, les ombres qu'ils forment sur l'écran sont plus opaques que celles des parties molles. Ces dernières donnent elles-mêmes des ombres plus ou moins ténues selon leur plus ou moins grande épaisseur. Le poumon enfin, qui contient dans ses alvéoles une grande quantité d'air, donnera sur l'écran une image particulièrement transparente.

Au milieu des images normales, un organe qui s'hypertrophie, un lobe pulmonaire qui se condense, un ganglion qui se calcifie, une poche sanguine qui se forme, donnent des ombres plus nettes qui se différencient facilement de leurs voisines. Un os qui se décalcifie, au contraire, donne une image plus claire.

Si l'on introduit dans l'organisme, comme on peut le faire pour le tube digestif et, dans une certaine mesure, pour l'appareil urinaire, des liquides tenant en solution ou en suspension des corps opaques, la cavité intérieure de ces organes, moulée par la substance opaque, se dessine admirablement en noir sur l'écran.

1. Les parties molles de l'organisme sont constituées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, dont les poids atomiques sont très légers.

Si, au contraire, on insuffle dans certaines cavités de l'air ou du gaz carbonique[1], ces organes deviendront plus clairs et permettront de mieux délimiter leurs voisins.

Enfin, les organes abdominaux, foie, rate, reins, organes pelviens, sont devenus d'un examen facile et parfait, grâce à l'insufflation de la cavité péritonéale par un gaz (oxygène ou acide carbonique), insufflation pratiquée avec toutes les rigueurs de l'asepsie par une aiguille ou un trocart. L'opération est inoffensive; et alors, adhérences, brides fibreuses, tumeurs de toute nature, cloisonnements, déformations ou malformations, sont mis en pleine lumière et projettent leur ombre au milieu de la plage lumineuse de la poche gazeuse dans laquelle ils baignent.

Tels sont les résultats que l'on peut attendre de la radioscopie. Sans doute elle donne des images dont la finesse est moins grande que les images obtenues par une bonne radiographie, car l'œil est moins sensible que la plaque photographique; mais par la diversité qu'elle permet d'imprimer aux attitudes du malade, par la succession infinie des images qu'elle donne, par les mouvements normaux ou pathologiques de certains organes qu'elle permet de percevoir, par sa combinaison avec le palper qui donne la faculté de dissocier les ombres et de préciser la localisation d'un point douloureux, par sa rapidité enfin et par son prix de revient qui est certainement moindre, la radioscopie constitue la méthode d'exploration radiologique de choix : la radiographie n'intervenant que pour la compléter et fixer dans l'espace et dans le temps, d'une façon indélébile, les images que la radioscopie ne permet d'observer que d'une façon fugitive.

1. On obtient ce dernier par l'ingestion de bicarbonate de soude et d'acide tartrique dont la combinaison donne de l'acide carbonique.

Pour être bien fait, un examen radioscopique doit être fait dans certaines conditions indispensables que nous allons passer rapidement en revue :

Salle d'examen. — Une salle d'examens radioscopiques doit être vaste ; l'obscurité pendant les séances doit pouvoir y être parfaite ; elle doit être facilement aérable et chauffée modérément ; tous les appareils doivent y être disposés d'une façon commode pour l'opérateur et nullement gênante pour le sujet.

S'il y avait autrefois dans un hôpital, une clinique, une maison de santé, quelque coin obscur et étroit, quelque cabinet de débarras incommode, c'était là qu'on installait le radiologiste avec son matériel encombrant, compliqué et fragile : malades et médecins y étaient à même de recevoir force décharges électriques des conducteurs de tension que l'on ne pouvait isoler suffisamment ; l'opérateur bien que protégé (et pas toujours) contre l'action du rayonnement direct, n'en restait pas moins soumis aux dangers réels du rayonnement secondaire émanant de tous les objets, murs et appareils, en raison même de l'espace restreint dans lequel il se trouvait.

Pour être à l'aise dans une salle d'examens, il faut que les dimensions en soient de 25 à 30 mètres carrés, et la capacité de 90 mètres cubes au minimum. Il faut qu'une fois les examens terminés, l'aération puisse se faire largement. L'obscurité doit pouvoir s'y établir rapidement par un double jeu de rideaux très opaques, et la porte d'entrée doit être précédée d'un tambour, d'une chicane ou mieux d'un *vestibule d'adaptation*, lui-même obscur, intermédiaire entre la salle de radioscopie et la lumière du dehors. On doit éviter à l'entrée ou à la sortie de la salle, toute irruption brusque de lumière ayant pour effet de troubler l'adaptation visuelle des opérateurs.

L'adaptation. — On sait que lorsqu'on passe de la pleine lumière dans un lieu obscur, l'œil tout d'abord ne perçoit absolument rien. Ce n'est qu'au bout d'un certain temps que l'on commence à distinguer quelques objets ; puis l'accommodation se développant, on arrive à percevoir presque tout ce qui se trouve dans la pièce.

L'adaptation lumineuse est en partie fonction d'un réflexe pupillaire, dit de l'accommodation à la lumière, qui se manifeste très visiblement par une ouverture plus ou moins grande de la pupille, laquelle n'est autre chose qu'un diaphragme très réel se rétrécissant jusqu'à devenir ponctiforme quand l'œil est en pleine lumière ; se dilatant au contraire, d'une façon souvent très apparente, lorsqu'on passe dans la pénombre et dans l'obscurité ; la dilatation étant d'autant plus grande que l'obscurité est plus complète.

Si le rétrécissement de la pupille est très rapide à la lumière vive, sa dilatation l'est moins quand on passe dans l'obscurité. Ce n'est pas là, d'ailleurs, le seul facteur qui intervienne dans le phénomène de l'adaptation lumineuse : la rétine elle-même jouit d'une sensibilité plus grande dans l'obscurité que dans la lumière vive, et cette sensibilité ne se développe pas instantanément. Il faut un certain temps pour s'adapter : 10 à 15 minutes environ. Ce temps est d'ailleurs variable suivant les sujets.

M. Béclère a calculé qu'après dix minutes d'adaptation dans une chambre obscure, la sensibilité rétinienne était de 50 à 100 fois plus grande qu'en plein jour, et après 20 minutes, environ 200 fois. La vitesse d'adaptation suivrait, d'après lui, la même loi que celle du refroidissement des corps.

Ces calculs ne sont pas des plus exacts. En réalité la faculté d'adaptation est variable suivant les sujets, de même d'ailleurs que les corps ne se refroidissent pas tous avec la même vitesse. Il ne faut comparer

que des faits qui sont comparables, et en pareille matière on ne peut donner que des approximations.

Mais au cours d'un examen ou d'une série d'examens, l'observateur ne saurait rester dans l'obscurité complète. Il faut pouvoir prendre des notes, lire parfois son milliampèremètre, surveiller son ampoule, faire évoluer le malade, manipuler ses appareils. Il faut donc prévoir un éclairage intermittent, qui sera suffisamment faible pour ne pas modifier l'adaptation visuelle : lumière jaune, lumière rouge ou lumière verte, cela n'a pas beaucoup d'importance, il faut une lumière faible, assez basse et voilée par un abat-jour profond, et placée dans un coin de la salle, sur une table où un secrétaire pourra prendre des notes.

Le support d'ampoule. — Le tube producteur de rayons X doit pouvoir être installé et maintenu à la hauteur voulue pour procéder aux examens debout, il doit pouvoir se déplacer horizontalement et verticalement sans effort, et l'ampoule doit pouvoir prendre toutes les positions voulues.

Il a été construit pour cela une variété considérable d'appareils.

Les châssis verticaux pour examiner les malades debout, dérivent tous, plus ou moins, du châssis de Béclère (fig. 13) : grand cadre rectangulaire de bois C dans lequel un autre cadre plus petit C′ se meut de haut en bas à l'aide d'un jeu de poulies et de contrepoids P ; un troisième cadre H glisse horizontalement dans le second.

Ce dernier supporte l'ampoule en arrière du diaphragme D, qui se trouve ainsi pouvoir être animé de mouvements verticaux par le cadre C′ et de mouvements horizontaux par le cadre H.

Un écran E est suspendu en avant de l'ampoule et le sujet à examiner se trouve placé entre l'ampoule, en avant du diaphragme D, et l'écran.

Bien qu'un peu primitif, le châssis de Béclère, auquel de nombreux perfectionnements ont été apportés, constitue un excellent appareil pour la pratique des examens radioscopiques debout. On lui préfère cependant en général, aujourd'hui, les appareils dits *pieds-supports d'ampoules* : les supports sont métalliques, tous les mouvements horizontaux et verticaux s'y font grâce à des crémaillères qui sont commandées à distance ; le diaphragme comporte une double commande pour les ouvertures verticale et horizontale. Les mouvements en sont beaucoup plus précis, plus souples que ceux du cadre de Béclère. Un dispositif permet de tenir l'écran fixe devant le malade de manière à ce que l'opérateur puisse dessiner à son aise sur la glace les images qui s'y projettent (fig. 14).

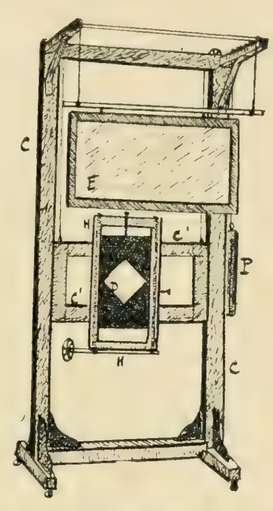


Fig. 13.— Châssis porte ampoule de Béclère.

Souvent l'écran est lui-même mobile verticalement dans un grand cadre de bois indépendant du support d'ampoule et qui porte à sa partie inférieure un socle sur lequel est adaptée une plate-forme tournante graduée. Le malade prend place sur cette plate-forme. Tous les mouvements du malade sont ainsi rendus très faciles pour l'opérateur, les angles de rotation peuvent être mesurés facilement, ils peuvent être notés, de telle sorte qu'on peut toujours retrouver exactement la position de choix sous laquelle un malade examiné a pu présenter une particularité intéressante.

Une ampoule doit toujours être montée dans sa cupule protectrice (fig. 12), de manière à ce que son rayon normal corresponde au centre de l'ouverture circulaire de la cupule comme au centre de l'ouverture du diaphragme.

Les pinces qui la soutiennent sont généralement solidaires d'une règle verticale sur laquelle elles sont montées et qui est fixée sur le côté de la cupule. L'ensemble a reçu le nom d'*étrier* porte-ampoule. Cet étrier peut être remplacé par un cadre de bois qui, supprimant le porte-à-faux de la pince, assure plus de stabilité à l'ampoule.

Pour pratiquer les examens couchés, on disposera d'une table radiologique dont le plateau sera constitué par du bois mince et solide — le bois contreplaqué est particulièrement recommandé — et parfaitement transparent aux rayons.

Sous la table deux rails conducteurs supportent une cupule qui peut se mouvoir d'un mouvement orthogonal latéralement et longitudinalement. Elle est surmontée d'un diaphragme et contient l'ampoule dont le foyer anticathodique est dirigé en haut.

En ce qui concerne les tables radioscopiques, la fantaisie des constructeurs s'est donné libre cours. Ils ont muni ces appareils, qui ont tout à gagner à être simples, de perfectionnements compliqués et coûteux, par lesquels ils justifient en partie leurs prix extravagants. On peut avec l'aide d'un menuisier ingénieux, faire exécuter une table radioscopique et support vertical d'écran pour quelques centaines de francs, ainsi que nous l'avons fait à l'hôpital des Enfants-Malades.

Quelques malades demandent à être examinés assis ; je me contente dans ce cas de les asseoir sur un tabouret derrière l'écran, et s'il faut les radiographier, je remplace mon écran par un châssis porte-plaque. Il est inutile d'avoir recours aux « fau-

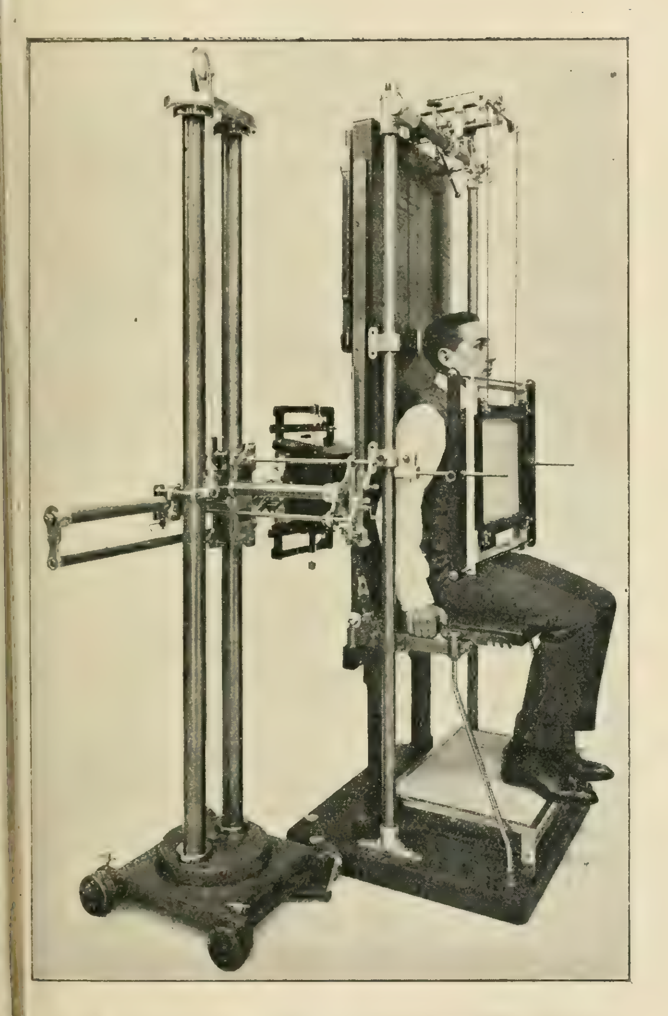


Fig. 14. — Pied support d'ampoules et chassis table Ropiquet pour examens radioscopiques dans toutes les positions.

teuils pour examens assis » coûteux et intéressants seulement pour leur constructeur.

Les écrans fluorescents. — Avant la guerre on se servait exclusivement d'écrans de carton recouvert d'une couche de platino-cyanure de baryum en cristaux très fins, fixée avec un vernis au celluloïd. Ils étaient montés dans un cadre en bois et recouverts d'une glace en verre plombeux, protection très efficace et nécessaire pour le visage de l'observateur.

La sensibilité aux rayons X du platino-cyanure de baryum est très grande, mais elle s'atténue au cours d'une exposition prolongée comme à la suite d'un très grand nombre d'examens. Sa teinte primitivement jaune verdâtre, devient alors plus foncée, légèrement vert-olive. La chaleur produit le même effet qui reconnaît pour cause une altération du sel. L'exposition au soleil tache le platino-cyanure de baryum de larges plaques ocre qui rendent l'écran inutilisable.

Aujourd'hui ces écrans sont toujours employés, mais devant les prix fabuleux qu'ont atteint les substances qui composent ce sel, et en particulier le platine, on les remplace généralement par des écrans au tungstate de cadmium, de coloration blanche légèrement grisâtre, dont le pouvoir fluorescent est sensiblement égal à celui du platino-cyanure de baryum et qui coûtent beaucoup moins cher.

En dehors des examens, les écrans doivent être maintenus à la lueur diffuse de la salle de radioscopie. Ils récupèrent ainsi une partie de leur pouvoir fluorescent.

Accessoires de la salle d'examen. — Le courant de haute tension sera amené à l'ampoule, enfermée dans sa cupule, par l'intermédiaire d'un trolley aérien qui rendra le tube et son support indé-

pendants, au point de vue de la position dans la salle d'examen, du générateur de courant.

On adaptera sur le courant primaire, en un point situé entre l'interrupteur et le transformateur, un commutateur qui permettra d'envoyer à volonté le courant dans l'ampoule ou dans une lampe à faible pouvoir éclairant, ce qui est commode. Ce commutateur pourra être commandé à distance soit par une pédale soit par une poire en caoutchouc qui seront toujours à portée de l'opérateur.

Plusieurs prises de gaz permettront de pouvoir chauffer l'osmo-régulateur des ampoules de ce type, et d'entretenir l'atmosphère de la cuve de l'interrupteur autonome à mercure.

La combinaison la plus commode pour disposer les appareils est la suivante :

Le pied-support d'ampoule occupe le centre de la pièce. D'un côté se trouve la table radiologique, de l'autre le châssis radioscopique porte-écran pour examens debout. Suivant que l'on fait pivoter le pied d'un côté ou de l'autre, l'on peut avoir l'ampoule soit au-dessus de la table pour la prise des clichés radiographiques ou les applications de radiothérapie sur les sujets étendus sur la table, soit derrière l'écran pour les examens debout. Les différents mouvements du pied-support permettent ces changements très rapidement. On pourrait même se servir du pied-support pour disposer l'ampoule sous la table de radiologie, mais cela manque de commodité, il vaut mieux avoir un charriot porte-ampoule disposé d'une façon définitive sous la table, tel que nous l'avons dit plus haut.

Dans un coin de la salle, une table, éclairée sourdement avec une petite lampe située au fond d'un abat-jour profond et opaque, servira à une infirmière pour prendre des notes au cours des examens sous la dictée de l'opérateur.

CHAPITRE VIII

Radiographie.

Les rayons X, comme les rayons lumineux, comme les rayons ultra-violets, impressionnent les plaques photographiques; et pour un temps de pose convenable, bien entendu, la couche sensible est impressionnée en raison inverse du poids atomique des corps interposés entre le tube et la plaque.

Les ombres que l'on observera sur le cliché après le développement seront donc d'autant plus denses que le poids atomique des corps radiographiés sera plus faible.

Comme pour les images radioscopiques, l'image radiographique est agrandie et déformée. Il convient donc d'éloigner suffisamment l'ampoule de la plaque pour que ces défauts soient réduits au minimum, surtout lorsqu'il s'agit de régions épaisses.

Les plaques que l'on emploie sont les mêmes que celles qui servent à la photographie. Il convient de choisir les émulsions les plus rapides, et les plaques à l'iodo-bromure d'argent sont celles qui nous paraissent réaliser les meilleures conditions parce que le poids atomique élevé de leurs éléments constituants retient et fixe une quantité plus élevée de rayons X.

L'image radiographique doit pouvoir montrer des différenciations assez fines entre les ombres qu'elle

comporte. Il est de toute nécessité de choisir avec soin la qualité du rayonnement que l'on doit appliquer et d'éliminer dans la plus grande mesure possible les rayons secondaires.

Ces derniers sont en effet l'écueil de toute bonne radiographie. Ils impressionnent la plaque au même titre que le rayonnement direct, mais comme ils

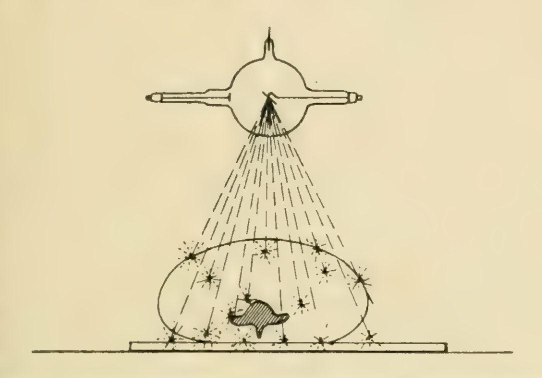


Fig. 15. — Figuration schématique de la formation des rayons secondaires.

émanent de toutes les directions, ils tendent à voiler la plaque, si la durée du temps de pose est un peu longue.

Pour éviter cet inconvénient, on a tendance, dans les conditions ordinaires, à sous-exposer les clichés, mais il est bien préférable de donner aux plaques tout le temps de pose nécessaire et d'éliminer par un artifice de technique la plus grande partie possible des rayons secondaires. Nous verrons tout à l'heure comment on parvient à ce résultat.

L'expérience montre que pour qu'une image radiographique présente des oppositions de teintes délicates et bien proportionnées à la qualité et à l'épaisseur des tissus traversés, il faut employer des rayons

peu pénétrants et ne dépassant pas le n° 6 du radiochronomètre de Benoist. Les rayons plus durs, en effet, ont tendance à traverser plus facilement tous les tissus mous, et par conséquent à impressionner la plaque d'une façon uniforme, donnant ainsi des images grises sans oppositions de teintes.

L'élimination des rayons secondaires est un problème plus délicat. Ceux-ci proviennent surtout des portions du squelette que recouvrent d'épais tissus cellulaires et de fortes masses musculaires. Alors disparaissent sur la plaque radiographique la netteté des contours et la richesse de détail que l'on doit obtenir et que l'on est habitué à contempler dans les radiographies d'organes moins épais.

La table elle-même, sur laquelle est placé le malade est une source d'émission de rayons secondaires.

On comprend qu'il convient d'éliminer ce rayonnement néfaste dans toute la mesure du possible.

On y arrivera, d'une part, en employant un localisateur dont l'ouverture limite à la fois la région à radiographier et le cône des rayons émanant de l'ampoule à cette seule région. Ce procédé élimine surtout les rayons parasites qui émanent de l'ampoule et ne sont pas employés pour l'obtention du cliché. C'est un résultat, mais il limite le champ d'action des rayons et ne permet pas d'obtenir la vue d'ensemble de tout un thorax ou de tout un bassin par exemple.

Il est préférable, pour éliminer les rayons secondaires, de se servir d'un *antidiffuseur* que l'on place entre le sujet à radiographier et la plaque sensible.

Cet appareil se compose essentiellement d'une trame horizontale formée de lamelles de plomb, longues de 40 centimètres, larges de 2 centimètres et d'un dixième de millimètre d'épaisseur. Ces lames sont disposées de champ, les unes à côté des autres, et séparées par un intervalle de 4 millimètres comblé par une baguette de bois tendre. Leur plan n'est pas

exactement vertical, mais il est orienté pour chacune d'elles suivant la direction des rayons d'une circonférence ayant pour centre l'anticathode et pour rayon une longueur fixe de 60 centimètres représentée par la distance de l'anticathode à la plaque.

On comprend, par le simple examen de la figure 16, que tous les rayons directs émis en ligne droite de

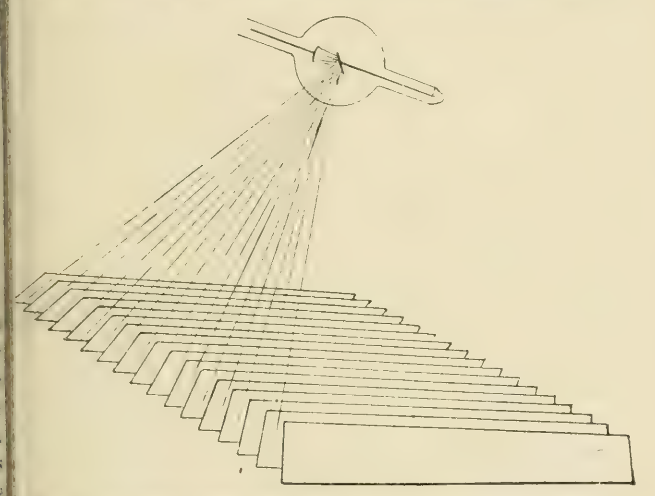


Fig. 16. Disposition schématique des lamelles de plomb pour l'antidiffuseur.

l'anticathode pénètrent à travers les intervalles des lames pour impressionner la plaque, alors que les rayons secondaires qui prennent naissance au niveau du corps irradié, suivant n'importe quelle direction, rencontreront, dans l'obliquité de leur trajet, les lamelles de plomb de l'antidiffuseur qui les arrêteront.

Plus de 60 p. 100 du rayonnement secondaire sont ainsi arrêtés.

Pour éviter que les lames de plomb ne s'inscrivent

sur la plaque. un mouvement d'horlogerie fait exécuter à l'ensemble de la trame un mouvement transversal d'une faible amplitude, ce qui ne dérange pas sensiblement l'orientation des lames. On règle la vitesse de ce mouvement selon le temps de pose que l'on a à appliquer.

Les clichés de régions épaisses obtenus grâce à cet artifice sont incontestablement meilleurs que ceux qui sont produits dans n'importe quelles autres conditions. L'unique inconvénient de ce procédé est d'augmenter d'une façon assez sensible les temps de pose.

L'appareillage nécessaire pour la radiographie comporte un pied-support d'ampoule dont toutes les commandes doivent être souples et précises comme pour la radioscopie, et qui doit avoir une stabilité absolue. Un bon support doit d'ailleurs pouvoir servir pour les deux usages. Nous donnons, dans notre figure 14, une photographie d'un excellent support d'ampoule construit par une maison française, en même temps que la reproduction d'une table-dossier qui permet les examens debout, couché et assis, et supporte également un écran qui peut être fixé à volonté, sert aux examens radioscopiques et peut être remplacé par un châssis porte-plaque pour la radiographie.

Un fil à plomb est nécessaire pour centrer exactement l'ampoule sur la région à radiographier.

A défaut d'appareil plus compliqué, la même table qui sert pour les examens radioscopiques en position couchée, peut servir pour pratiquer les radiographies. On complètera son outillage par des châssis porte-plaque de différentes dimensions, jusqu'à 30×40 et même 40×50; par quelques sacs de sable et des bandes de toile, qui serviront à immobiliser sur la table le membre ou la partie du corps que l'on veut radiographier. On aura ainsi des écrans spéciaux,

dits *renforçateurs*, dont nous verrons l'utilité dans la radiographie rapide.

Technique radiographique. — La plaque sensible se trouve, soit enfermée dans un châssis dont la couverture supérieure est en bois mince et très perméable aux rayons, soit enveloppée soigneusement de papier noir. Les fabricants vendent des pochettes spéciales à cet effet.

Elle doit être placée bien à plat sur la table, et la région à radiographier fixée par-dessus. Il est nécessaire que l'immobilité absolue soit rigoureusement observée. On y contribue en calant le membre avec des sacs de sable, ou en le fixant avec des bandes de toile.

Quand il s'agit de fixer une image pulmonaire et gastrique, il sera bon de faire précéder la radiographie d'un examen radioscopique de manière à bien centrer le rayon normal au point qu'il est plus particulièrement utile de fixer sur la plaque. Le fil à plomb sert à cet effet à fixer ensuite exactement la position de l'ampoule au-dessus du malade.

Pratiquement, on placera cette dernière à 50 centimètres de la plaque pour les régions peu épaisses, et à 60 ou même 70 centimètres pour les régions telles que la poitrine, les hanches, le bassin ou la cuisse et l'épaule.

La plaque, le sujet et l'ampoule étant correctement disposés, on pratique la radiographie en lançant le courant dans l'ampoule.

Il est impossible d'indiquer, même approximativement, les temps de pose nécessaires pour chaque région. Ils dépendent, en effet, de toute une série de facteurs dont les principaux sont les suivants :

1° Intensité du courant qui passe dans le tube,

2° Qualité du rayonnement émis par le tube,

3° Distance du tube à la plaque,

4° Epaisseur de la région à radiographier,
5° Degré de sensibilité de la plaque radiographique.

Des tables ont cependant pu être dressées en prenant comme base le milliampère-seconde, et en considérant une intensité fixe, un degré radio-chromométrique fixe, une distance anticathode-plaque fixe, cela avec des plaques dont la sensibilité est connue et reste également fixe.

Mais on ne se doute pas de la difficulté qu'il y a à se mettre toujours dans des conditions rigoureusement identiques. Autrefois, avec des tubes dont le degré radiochromométrique variait d'une façon sensible pendant le fonctionnement, cela était impossible. Aujourd'hui, avec les tubes Coolidge, dont le fonctionnement est beaucoup plus régulier et le réglage beaucoup plus aisé, il semble que ce doive être bien plus facile. Ce n'est malheureusement pas exact, et d'une ampoule à l'autre les données du problème changent et apportent des résultats parfois déconcertants.

Il faut bien avouer qu'à côté des facteurs connus il en est d'autres que nous n'avons pas encore approfondis[1] et qui interviennent pour fausser les résultats. Une longue pratique, une bonne connaissance de ses constantes et de son matériel, valent mieux que les barèmes théoriques les mieux établis.

Développement. — Le traitement d'une plaque impressionnée par les rayons X est rigoureusement semblable à celui des plaques photographiques ordinaires. Les mêmes révélateurs, le même fixage, le

1. Entre autres : 1° la quantité infinitésimale d'argent réduit à un moment quelconque de l'exposition de la plaque est fonction de la quantité d'argent déjà réduit auparavant, et la sensibilité de la plaque décroît de ce fait suivant une fonction exponentielle par rapport aux intensités et aux temps. Mêmes lois que pour l'impression des plaques par la lumière d'ailleurs.

même lavage sont employés et donnent les mêmes résultats. Ce n'est pas ici le lieu de discourir sur les qualités de tel ou tel révélateur. Tous sont bons, il suffit de savoir s'en servir : et le meilleur révélateur est certainement celui dont on a le plus l'habitude.

La formule de révélateur suivante a l'avantage de se prêter à toutes les combinaisons de temps de pose, étant assez énergique, de donner des contrastes assez nets et des tons assez purs, de se conserver assez longtemps et de ne pas tacher les doigts.

Eau filtrée	1.000	grammes.
Sulfate de soude anhydre . . .	50	—
Carbonate de potasse cristallisé.	75	—
Hydroquinone.	8	—
Métol ou vitérol.	2	—
Bromure de potassium. . . .	1,50	—

Le cliché doit être, dans tous les cas, développé à fond. S'il y a excès de pose, le voile se développe d'abord, et l'objet apparaît ensuite : le cliché sera dur, mais on aura un cliché. Il faut toujours pousser les clichés à fond, en évitant, bien entendu, le voile qui se produit fatalement si on laisse agir trop longtemps le révélateur.

Le cliché développé est fixé avec la solution ordinaire suivante :

Eau	1.000	grammes.
Hyposulfite de soude .	250	—
Bisulfite de soude. . .	20	—

Lavage ensuite à grande eau pendant deux heures.

Radiographie rapide. — L'emploi d'écrans spéciaux, appelés écrans renforçateurs, permet d'abréger considérablement les temps de pose et d'exécuter des radiographies, même pour des régions épaisses, en quelques secondes.

Ces écrans sont constitués par une feuille de carton

assez mince recouverte d'une composition dont la base est un tungstate (tungstate de chaux ou de baryte). On y a joint une substance phosphorescente en très petite quantité dont la nature reste un secret de fabrication. L'ensemble constitue, sous l'action des rayons X, un foyer d'émission de rayons secondaires particulièrement dense et actinique. Si l'on applique très intimement l'écran par sa face active sur la surface sensible de la plaque[1], l'effet produit sur cette dernière par les rayons qui l'atteignent est considérablement augmenté.

On peut placer, par rapport à l'ampoule, l'écran par-dessus la plaque dans le châssis spécial qui sert à cet effet, ou encore la plaque par-dessus l'écran, dans ce cas, elle présentera à l'ampoule son côté verre, et la lecture du cliché devra être renversée si on l'examine du côté de la gélatine[2].

Les temps de pose pourront encore être considérablement réduits si l'on emploie les fortes intensités que peut fournir un transformateur avec contact tournant. On peut alors faire des radiographies en quelques centièmes de seconde. On en a fait même de plus rapides et quasi instantanées ; mais la radiographie rigoureusement instantanée reste dans le domaine du laboratoire de recherches et n'est pas encore entrée dans la pratique courante.

Radiographie stéréoscopique. — On peut enfin obtenir de très jolis effets de clichés par la radiographie stéréoscopique. Il suffit pour cela de prendre deux plaques de la même région en décalant

1. Il est nécessaire que le contact soit tout à fait serré. Il est bon pour cela d'employer des châssis spéciaux dans lesquels on peut exercer une pression uniforme sur la plaque.

2. Les films photographiques émulsionnés sur leurs deux faces tendent de plus à remplacer les plaques de verre dans la radiographie. Les clichés qu'ils fournissent sont beaucoup plus beaux·

l'ampoule transversalement de six centimètres lors de la seconde pose, et à condition que la seconde plaque occupe rigoureusement la même place que la première par rapport à la région à radiographer. On utilise pour cela des châssis *à tiroir*, qui sont très commodes.

On se place ainsi exactement dans les mêmes conditions que pour la photographie stéréoscopique où la double image est effectuée sur la même plaque par deux objectifs distants de six centimètres environ.

C'est le principe même de la vue des objets en relief qui nous est donné par la vision binoculaire que l'on applique dans les deux cas.

De même qu'on examine les vues photographiques dans un stéréoscope après les avoir inversées, de même on examine les clichés dans des stéréoscopes spéciaux de grandes dimensions. Il faut également les inverser, sinon on a devant les yeux le relief inverse de ce qui n'est pas toujours inutile en radiographie : une épaule, une hanche, une colonne vertébrale pouvant ainsi être vues d'avant en arrière ou d'arrière en avant, suivant que l'on examine les clichés inversés ou non.

Pour être rigoureusement véridiques et donner exactement la direction des déplacements des fragments osseux, les clichés de fractures devraient toujours être stéréoscopiques.

DEUXIÈME PARTIE

LES EXAMENS RADIOSCOPIQUES

CHAPITRE I

Exploration radioscopique du poumon et des plèvres.

Il n'est peut-être pas en radiologie de sujet aussi fécond en aperçus nouveaux aussi bien qu'en renseignements complémentaires de la clinique, il n'en est pas qui ait éclairé la pathologie des voies respiratoires d'une manière plus vive, que la radioscopie du poumon et des plèvres.

L'éducation du radiologiste est une éducation visuelle, et c'est en cela qu'elle complète si heureusement l'éducation auditive et logique du clinicien dont elle ne saurait d'ailleurs en aucun cas se séparer. Peut-être révèle-t-elle plus de détails, peut-être est-elle moins subjective que l'auscultation ou la percussion seules prises à part, peut-être permet-elle des affirmations plus précises dans les cas douteux où l'oreille reste indécise, et chacun sait combien ces cas sont nombreux car la clinique médicale est un art subtil et complexe, mais elle n'a pas la préten-

tion de résoudre tous les problèmes. La plupart du temps cela n'est donné qu'à l'autopsie. Et encore!

Néanmoins les ressources de la radiologie, en matière de radio-diagnostic des voies respiratoires, sont nombreuses; nous allons examiner ce qu'il est possible d'en tirer en ce qui concerne l'exploration des bronches, des poumons et de leurs enveloppes les plèvres.

Un examen du thorax doit en général se pratiquer *debout*. Il est bon de pouvoir, à son gré, faire tourner et retourner le sujet, pour l'examiner suivant diverses incidences, ce qui ne saurait se faire avec facilité dans une autre position. Il faut faire exception bien entendu pour les malades dont l'état général est tel qu'ils ne sauraient rester debout. Pour ces derniers, on peut les examiner assis, et dans tous les cas il est nécessaire de procéder rapidement.

Qu'il s'agisse du poumon ou du cœur, on nomme *examen en position antérieure*, la position dans laquelle le sujet, le dos tourné à l'ampoule, présente sa face antérieure, sa poitrine, du côté de l'observateur contre l'écran fluorescent.

Dans l'*examen en position postérieure*, c'est l'inverse, le malade tourne le dos à l'observateur et a sa poitrine tournée du côté de l'ampoule.

Les positions d'*examens obliques* sont intermédiaires : dans l'*oblique antérieure droite* (O. A. D.) par exemple, le malade debout en position antérieure, tourne en pivotant sur son côté droit, lequel reste alors en contact avec l'écran, alors que le côté gauche s'écarte progressivement jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'angle le plus favorable à l'examen des organes du médiastin, ce dont peut seul juger le radiologiste. Dans l'oblique antérieure gauche (O. A. G.), c'est sur le côté gauche que le malade pivote. Même chose pour les obliques postérieures qui peuvent être droite ou gauche suivant le côté sur lequel pivote le malade.

Ceci dit, examinons un sujet en position antérieure.

L'image d'un thorax sur l'écran nous présente trois larges zones à examiner : deux latérales claires, et une médiane obscure, et généralement assez opaque.

Les deux premières correspondent aux deux plages pulmonaires droite et gauche PD et PG (fig. 17 et 18); la troisième constitue l'ombre médiane, elle est formée par la superposition d'une série d'ombres formées d'arrière en avant par la colonne vertébrale, les organes du médiastin, le cœur et les gros vaisseaux de sa base et enfin le sternum.

Les plages pulmonaires affectent dans leur ensemble la forme d'un triangle curviligne dont le sommet S, dirigé en haut, répond effectivement au sommet du poumon et dont la base répond à la ligne courbe représentant le profil de la coupole diaphragmatique.

Les deux côtés du triangle sont, en dehors, la paroi latérale externe de la cage thoracique, en dedans la ligne généralement sinueuse qui borde l'ombre médiane.

Les deux plages claires de l'image radioscopique du poumon sont rayées obliquement par l'ombre des côtes, dont les parties les plus visibles sont toujours celles qui sont les plus rapprochées de l'écran.

En position antérieure (fig. 17), les côtes rayent donc les plages pulmonaires d'ombres légères dont la direction générale est de haut en bas et de dehors en dedans. La partie postérieure des côtes se dessine d'ailleurs, également assez bien, même en position antérieure, leur direction, oblique en sens inverse dessine comme l'ombre d'un grillage léger sur la clarté des champs pulmonaires. En position postérieure, ce sont ces dernières qui sont les plus visibles, elles donnent des images obliques de haut en bas mais de dedans en dehors.

Les clavicules C (fig. 17 et 18), qui se voient toujours très bien au sommet du poumon, limitent

au-dessus d'elles un petit espace semi-lunaire S, correspondant à l'extrême sommet du poumon et dont la clarté est généralement un peu plus faible que celle des régions sous-claviculaires, à cause de l'épaisseur moindre de la couche d'air dans la partie sous-jacente du parenchyme pulmonaire.

Leur étude est extrêmement importante dans le

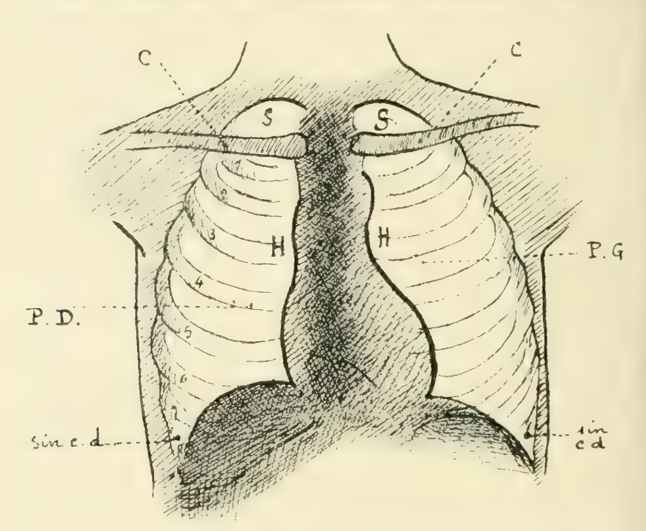


Fig. 17. — Aspect radioscopique du thorax. (Vue antérieure

diagnostic de la tuberculose ainsi que nous le verrons par la suite.

Au niveau du tiers supérieur et interne, en un point correspondant à peu près au deuxième et au troisième espace intercostal, se trouve le hile du poumon. (H. fig. 17 et fig. 18.)

Il est rare qu'à partir d'un certain âge on ne distingue pas des traînées grises partant du hile et s'épanouissant vers la périphérie du poumon, principale-

ment vers les bases. Ces ombres ne sont autres que les ramifications vasculaires et aussi probablement bronchiques qui partent du hile, se divisent et se ramifient dans le parenchyme pulmonaire (fig. 18).

A l'état normal les bronches ne sont pour ainsi dire pas visibles et ce sont surtout les vaisseaux qui forment les ombres hilaires. Mais les bronches viennent-elles à être le siège d'une inflammation aiguë ou chronique : leurs parois se sclérosent plus ou moins, leur lumière est obstruée de mucosités plus ou moins épaisses, plus ou moins purulentes, elles se dessinent alors avec beaucoup plus de netteté sur l'écran.

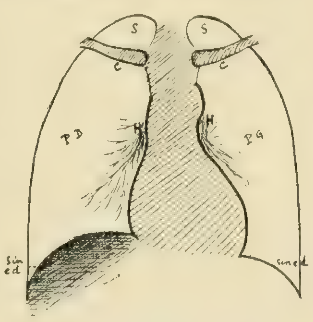


Fig. 18. — Ombres hilaires normales chez l'adulte. (Schéma.)

Chez l'enfant à l'état normal, les ombres hilaires sont souvent invisibles et en tout cas beaucoup moins marquées que chez l'adulte.

Les bases du poumon ont pour limite inférieure la convexité de la voûte diaphragmatique qui apparaît nettement toujours très opaque (D, D, fig. 17) et séparant la cavité thoracique de la cavité abdominale.

La voûte diaphragmatique s'abaisse à chaque inspiration et remonte avec l'expiration. L'amplitude des mouvements de l'organe peut être de plusieurs centimètres. En inspiration profonde les parties latérales du muscle diaphragmatique se séparent des côtes et on voit se creuser un espace angulaire qui s'éclaire très vivement à l'état normal ; ce sont les sinus costo-diaphragmatiques dont l'importance est considérable dans les aspects radioscopiques des affections pulmonaires et pleurales (sin. cd. fig. 17

et 18). Les sinus disparaissent au contraire plus ou moins complètement dans l'expiration.

La voûte diaphragmatique gauche est toujours, à l'état normal, un peu plus abaissée que la droite, à cause de la présence du cœur dont le poids déprime plus le diaphragme à gauche qu'à droite.

Dans les positions obliques, l'ombre médiane se dissocie : on voit d'un côté l'ombre cardio-aortique CA (fig. 19) qui passe et devient latérale, de l'autre côté on voit nettement la colonne vertébrale V qui forme une ombre courbe à concavité antérieure. Entre les deux ombres, un espace clair E (fig. 19), dit : *espace rétrocardiaque* ou *prévertébral*, ou tout simplement *espace clair médian*. Cet espace est plus clair parce qu'il renferme l'œsophage, la trachée dans sa partie supérieure, et l'aorte descendante dans sa partie inférieure. De légères ombres apparaissent d'une façon normale à sa partie moyenne, qui correspondent aux bifurcations trachéo-vasculaires.

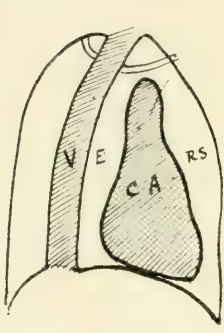


Fig. 19. — Dissociation de l'ombre médiane, en position oblique O. A. D. (Schéma.)

En avant de l'ombre cardio-aortique un espace clair, l'espace rétro-sternal RS (fig. 19).

A. — Les ombres du sommet et la tuberculose pulmonaire.

Chez l'adulte, à l'état normal, les sommets sont clairs, un peu moins que le reste des poumons parce que la couche d'air est moins épaisse, mais à l'inspiration profonde comme à la toux, ils s'illuminent toujours assez vivement.

Dès que les sommets sont et restent obscurcis, malgré les manœuvres que l'on emploie pour les éclaircir, on est en droit de penser à la tuberculose pulmonaire.

D'autres causes peuvent évidemment les obscurcir, mais il n'en est pas de plus fréquente que la tuberculose, et on peut vraiment dire d'une façon générale, chez l'adulte tout au moins : il est exceptionnel de constater dans le poumon des lésions bacillaires sans *voile persistant* des sommets.

Ce voile peut être homogène, mais il est plus fréquent de le constater d'une opacité irrégulière, granité souvent, complètement indifférent ou ne s'éclairant que d'une façon incomplète à la toux. Enfin l'obscurité du sommet peut n'être que partielle, interne ou externe.

Chez l'enfant, si le voile persistant du sommet conserve toute sa valeur, il est exceptionnel dans la tuberculose, qui, comme nous le verrons, débute par les ganglions de la région hilaire et s'étend au parenchyme pulmonaire avant de gagner le sommet.

Dans la zone voisine du sommet, les condensations du parenchyme pulmonaire se traduisent à l'écran par des ombres dont la valeur, éminemment variable, va de la teinte grisâtre, envahissant une zone plus ou moins étendue, toujours assez tranchée sur la clarté environnante, jusqu'au bloc opaque tranchant avec vigueur sur le fond du tissu pulmonaire plus ou moins clair, plus ou moins semé de marbrures confluentes ou non, ou de mouchetures fines. Mais chez l'adulte, le sommet est presque toujours envahi, alors que chez l'enfant les sommets peuvent rester clairs, ou s'ils sont voilés, s'illuminer à la toux.

Lorsqu'on se trouve en présence d'un voile du sommet, il est indispensable de se livrer à une série de manœuvres qui permettent de se rendre compte si le voile est réellement persistant, ou s'il n'est

que passager. On commencera par tirer les bras du malade en bas, le long du corps, de manière à abaisser le moignon de l'épaule et les clavicules, dont une disposition anatomique projette parfois une ombre sur les sommets. Puis on fera varier l'incidence de l'ampoule jusqu'à ce qu'on ait le maximum d'éclairage possible de la zone sus-claviculaire. Ce n'est pas toujours avec le rayon normal que ce résultat est atteint. Puis on priera le malade de faire de longues inspirations profondes : cela suffit parfois à rendre clairs des sommets qui le paraissent insuffisamment. Mais la manœuvre essentielle consiste à faire tousser énergiquement le malade de manière à ce que l'effort ainsi produit fasse pénétrer l'air aussi profondément que possible dans les alvéoles pulmonaires. Souvent on voit ainsi des sommets qui paraissaient voilés, s'éclairer à la toux. C'est un signe que le tissu pulmonaire proprement dit n'est pas atteint, qu'il peut exister quelques lésions de pleurite sèche des sommets gênant un peu l'admission de l'air, mais ne résistant pas à un effort tant soit peu énergique.

Nous en aurons fini avec la question des ombres du sommet quand nous aurons parlé des quelques causes d'erreur qui peuvent égarer l'interprétation du radiologiste.

Nous venons, en passant, de signaler l'existence des pleurites du sommet ; l'ombre qu'elles donnent est généralement moins foncée que celle des lésions tuberculeuses ; elle s'éclaire à la toux. Ce phénomène n'est pas absolu et on peut avoir des épaississements de la plèvre du sommet assez considérables pour masquer l'illumination du tissu pulmonaire sous-jacent.

Dans certains cas de déformation osseuse de la colonne vertébrale (scoliose) il peut se produire une asymétrie costale qui entraîne une asymétrie des sommets qui pourrait, pour un observateur superficiel, être prise pour une ombre pathologique, car l'un des

sommets[1] est plus étroit et plus long que l'autre qui est, au contraire, plus large et plus aplati.

Parfois au niveau de sommets qui paraissent à peu près clairs au premier examen, la toux fait apparaître quelques petites taches encore plus claires. Ce fait serait en faveur d'une lésion, et la toux mettrait alors en évidence les quelques parties du tissu pulmonaire restées saines au milieu de celles qui ont été atteintes de condensation tuberculeuse.

Certains auteurs ont prétendu que le sommet droit était toujours un peu plus transparent que le gauche. Des milliers d'examens ne m'ont pas convaincu de ce fait : quand il existe une différence de clarté entre les deux sommets, elle est toujours d'ordre pathologique, soit qu'il s'agisse de lésion même du tissu pulmonaire, soit d'altération de la plèvre à ce niveau.

M. Lebon a signalé dernièrement que la percussion des apophyses épineuses des vertèbres cervicales pouvaient amener l'illumination de sommets paraissant obscurs. Il ne donne d'ailleurs pas la raison précise de ce phénomène. Le fait n'en est pas moins exact, mais ne se produit en vérité que lorsqu'aucune lésion, d'aucune nature, ne vient altérer le tissu pulmonaire ou son enveloppe pleurale. L'obscurité observée en pareil cas peut alors tenir à une contraction probablement réflexe des alvéoles du tissu pulmonaire que la percussion des apophyses épineuses ferait cesser.

B. — **Les ombres hilaires et les adénopathies trachéo-bronchiques.**

Quelle que soit la valeur des signes que la clinique mette à la disposition du praticien quand il s'agit de dépister l'adénopathie trachéo-bronchique chez l'en-

1. Celui qui est du même côté que la concavité de la scoliose.

fant, il paraît impossible aujourd'hui de se passer du concours de la radiologie, surtout en ce qui concerne une affection aux nuances si variées et si délicates.

On sait que les ganglions trachéo-bronchiques sont répartis en plusieurs groupes (Baréty, Marfan) :

1° De chaque côté de la trachée, immédiatement au-dessus de la bifurcation des deux grosses bronches, les groupes *juxta-trachéal* droit et *juxta-trachéal gauche* (fig. 20, 1) ;

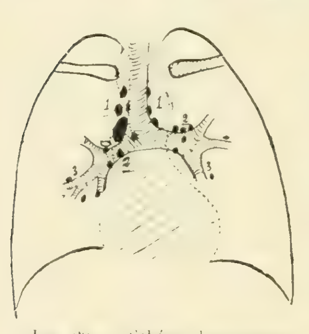


Fig. 20. — Schéma des groupes ganglionnaires hilaires et de leurs rapports avec la trachée et l'ombre du cœur.

2° Au niveau même de la bifurcation et des deux premières bronches, le groupe *inter-trachéo bronchique* (2) ;

3° Au niveau des premières ramifications bronchiques, le groupe des *ganglions péribronchiques* qui peut parfois s'étendre assez loin le long des ramifications de l'arbre aérien (3).

Le groupe juxta-trachéal ou *latéral droit* est le plus important : il se signale par la présence d'un ganglion plus volumineux que les autres qui arrive jusqu'au niveau de la bifurcation et se trouve en rapport immédiat avec la crosse de la veine azygos.

L'importance du groupe latéral droit explique la fréquence certainement plus grande de l'adénopathie trachéo-bronchique à droite.

Tous ces ganglions gravitent un peu au-dessus et autour du hile pulmonaire dont la situation apparaît ainsi sur l'écran à droite au-dessus de l'ombre de l'oreillette droite, et à gauche au-dessous de la saillie que fait la crosse de l'aorte, exactement au

niveau de ce que nous appellerons plus tard l'*arc moyen gauche*, quand nous étudierons l'aspect radiologique du cœur.

L'adénopathie trachéo-bronchique se manifeste essentiellement à l'examen radioscopique par l'apparition d'ombres ou de taches grises débutant dans la région hilaire, ombres ou taches dont les caractères sont variés selon la nature, le stade et l'évolution de l'adénopathie; caractères qui, étudiés avec soin, peuvent orienter le diagnostic et le pronostic de l'affection.

L'aspect de l'adénopathie est en effet différent selon que l'on est en présence :

1° D'une réaction ganglionnaire légère accompagnant une affection banale des voies respiratoires sans grand retentissement sur l'état général;

2° D'une réaction ganglionnaire nette plus importante s'accompagnant de périadénite ou de congestion, réaction périganglionnaire, avec troubles déjà marqués de l'état général ;

3° D'une réaction ganglionnaire s'accompagnant de *calcification* des ganglions ; lésion généralement ancienne, mais qui peut, lorsqu'elle est accompagnée de périadénite, constituer également un foyer de réaction active ;

4° D'une réaction ganglionnaire avec *calcification* et *sclérose péribronchique*, aspect généralement cicatriciel ;

5° D'une réaction avec envahissement des ganglions du médiastin.

Ces cinq degrés, bien différenciés au point de vue radioscopique, correspondent bien à des stades différents de l'évolution de l'affection. Les trois premiers sont le plus souvent observés, les deux derniers le sont plus rarement; et cela dans les proportions suivantes :

1er groupe, adénopathies légères		30 %
2e — —	avec périadénite et congestion.	33 %
3e — —	avec calcification ganglionnaire .	23 %
4e — —	avec sclérose péribronchique .	6 %
5e — —	avec médiastinite	8 %
	Total. .	100 %

Les adénopathies légères du premier degré se manifestent sur l'écran par des ombres ténues, généralement peu étendues, occupant la région du hile tantôt à droite, tantôt à gauche, mais plus souvent à droite. Ces ombres ne sont pas très opaques, leurs contours sont estompés; quelques traînées grisâtres s'en détachent qui se dirigent vers la périphérie du lobe pulmonaire et deviennent invisibles après quelques centimètres de parcours (fig. 21).

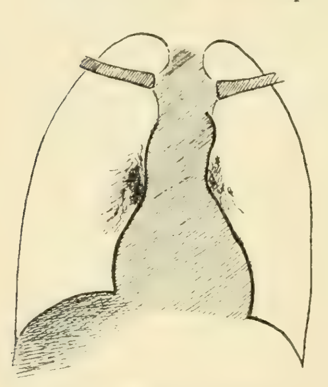


Fig. 21. — Adénopathie trachéo-bronchique droite légère, 1er groupe.

Il est rare de voir les ombres ganglionnaires se développer et s'étendre jusqu'au niveau du bord droit de l'oreillette droite ou le long du contour du ventricule gauche. Quelquefois au niveau de l'ombre hilaire diffuse, on voit se dessiner un noyau central plus opaque, mais jamais dans ce premier groupe les ombres hilaires ne sont très opaques ni très étendues. La plupart des affections respiratoires de l'enfant provoquent une réaction ganglionnaire analogue.

Avec les réactions du deuxième degré, nous entrons dans l'étude radioscopique des adénopathies tuberculeuses : la réaction ganglionnaire devient alors plus franche, plus nette, beaucoup plus visible sur l'écran (fig. 22) et leur aspect mérite d'être fixé attentivement.

Une ombre dense, opaque, élargit au niveau du hile l'ombre médiane. Il y a là généralement un groupe de ganglions tuméfiés, congestionnés, en pleine réaction.

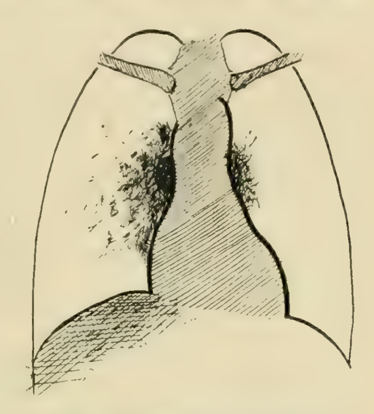


Fig. 22.— Adénopathie trachéo-bronchique avec périadonite. Marcel B., 13 ans 1/2.

Autour de ces ganglions une zone plus floue, ouatée, à contours moins nets et à l'aspect plus nuageux, signale la périadénite ou la congestion des tissus voisins. Ces ombres peuvent être multiples, plus ou moins confluentes; des vergetures s'en échappent qui obscurcissent vaguement le parenchyme pulmonaire du voisinage. Les ombres arrivent ainsi en s'étendant à border complètement les contours de l'oreillette droite ou du ventricule gauche; puis, quand la poussée inflammatoire des masses ganglionnaires est terminée, et que la réaction de défense aboutit à la cicatrisation adénopathique, il se produit au niveau et autour du ganglion une transformation scléreuse : on voit alors, et c'est le troisième degré, de petites taches sombres dont le volume varie de celui d'un grain de plomb à celui d'un petit pois (fig. 23), irrégulièrement semées le long de l'arbre bronchique auquel elles semblent suspendues comme des grains de

raisins de Corinthe à leur grappe desséchée. Leur plus grand nombre siège bien entendu dans la région hilaire. Il s'agit de ganglions péri-bronchiques et inter-trachéo-bronchiques qui se sont calcifiés au cours de leur cicatrisation. Il est bien certain qu'on se

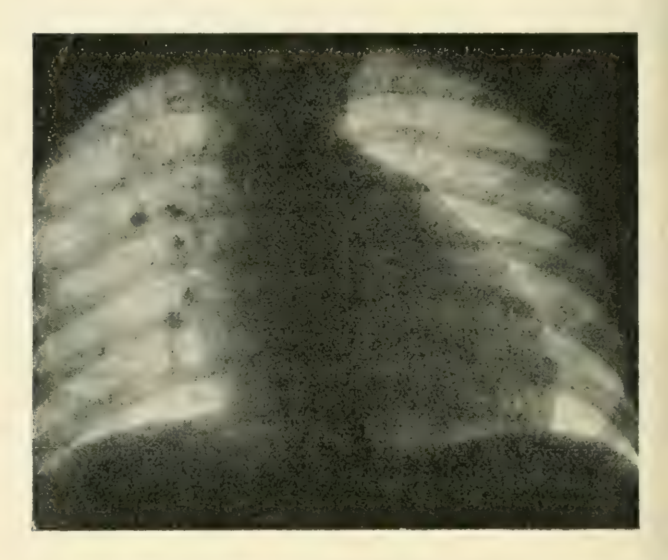


Fig. 23. — Adénopathie trachéo-bronchique avec groupe important de ganglions calcifiés à droite.

trouve en présence de lésions anciennes, mais qu'il faut se garder de considérer comme guéries. Il n'est en effet pas rare de voir se produire un réveil de la tuberculose pulmonaire dont le point de départ est quelque nichée de bacilles emprisonnée dans ces petites masses ganglionnaires calcifiées [1].

1. Gauducheau. *Thèse de Paris*, 1912.

Ces ganglions sont généralement répartis sur toute la surface du champ pulmonaire, mais en nombre moins grand qu'au hile. On en trouve sous la clavicule et jusqu'au niveau du diaphragme. Ils sont presque toujours accompagnés de quelques traînées de sclérose péribronchique. Mais on peut aussi les trouver au milieu d'une zone grisâtre à contours ouatés et flous ; leur siège est alors plus rapproché du hile. Cet aspect est assez généralement en rapport avec une nouvelle poussée inflammatoire venant s'ajouter à un processus de cicatrisation déjà ancienne et sa constatation n'est pas toujours d'un bon pronostic. Il s'accompagne souvent de fièvre tenace qui dure des mois, et peut aussi bien se terminer par la guérison que par l'évolution vers la tuberculose pulmonaire confirmée.

Il y a peu de choses à dire des adénopathies qui s'accompagnent de sclérose péri-bronchique : qu'on se figure une exagération de la figure précédente, avec des traînées grises beaucoup plus nombreuses, plus resserrées, plus opaques, quelques petits noyaux ganglionnaires cicatrisés, cantonnés près du hile. Cet aspect nous représente un processus cicatriciel plus avancé et plus certain que les aspects qui constituent notre troisième degré. Sa constatation permet à l'observateur d'être plus optimiste.



Fig. 24. — Schéma d'une médiastinite moyenne.

Enfin quand l'adénopathie se limite aux groupes ganglionnaires juxta-trachéal droit et juxta-trachéal gauche, l'ombre envahit alors l'espace rétro-cardiaque et déborde en contours accusés et polycycliques l'ombre médiane (fig. 24).

L'inflammation peut gagner le tissu péri-vasculaire et péri-trachéal du médiastin, et l'on peut voir se constituer une *médiastinite*. L'aspect en est caractéristique sur l'écran et ne saurait être confondu qu'avec une hypertrophie du thymus.

Quelques-unes de ces médiastinites volumineuses amènent chez les enfants qui en sont porteurs, des phénomènes généraux graves avec dyspnée intense et cyanose du visage. Le pronostic de ces affections est variable. Les unes guérissent, d'autres évoluent assez souvent vers la tuberculose osseuse. Elles sont généralement bien influencées par un traitement radiothérapique.

Les ganglions du médiastin peuvent être pris isolément, et ne se manifester à l'écran que par quelques taches obscures se détachant dans l'espace rétrocardiaque et visibles seulement dans les positions obliques.

C. — **Les ombres des champs pulmonaires par lésions du parenchyme.**

1° **Tuberculose pulmonaire.** — Nous avons décrit rapidement en parlant des ombres du sommet, comment la tuberculose se présentait à l'écran, au moins au début de son évolution. Nous avons ensuite, en décrivant les ombres hilaires, montré les différents aspects que la tuberculose pouvait déterminer par l'envahissement des ganglions trachéo-bronchiques, mode de début qui lui est habituel chez l'enfant. Nous compléterons cette étude par la description des lésions parenchymateuses elles-mêmes ou du moins des ombres qu'elles déterminent sur l'écran fluorescent.

Lorsque la tuberculose est *douteuse*, l'adénopathie trachéo-bronchique est souvent le seul signe qui apparaisse sur l'écran. Lorsqu'elle est *latente*, et surtout lorsqu'elle est *confirmée*, les signes radiolo-

giques deviennent beaucoup plus importants ; mais s'ils donnent alors des renseignements encore bien précieux, les autres modes d'investigation clinique, et l'état général du malade, ont depuis longtemps posé le diagnostic.

A l'*écran*, dès que la tuberculose évolue, les ombres du sommet se modifient. A mesure que les lésions se transforment et s'accentuent, on observe des signes de condensation, puis de ramollissement du parenchyme pulmonaire. Des *zones d'opacité étendue* ne tardent pas à envahir les plages pulmonaires. Généralement l'envahissement gagne d'abord la région sous-claviculaire (fig. 25) dont la clarté diminue puis apparaissent quelques taches, mouchetures plus ou moins épaisses, plus ou moins serrées, qui donnent au poumon cet aspect en nid d'abeilles, granité plus ou moins irrégulièrement. Puis, ces ombres s'élargissent, elles se réunissent et ne tardent pas à constituer de larges placards gris, très opaques à contours polycycliques, entourés d'une zone plus ouatée, qui donnent au poumon un aspect nuageux. A un degré plus avancé, toutes ces taches deviennent confluentes, toute la plage pulmonaire peut être envahie par une opacité peu homogène présentant un aspect irrégulièrement marbré, au milieu duquel on ne tarde pas à voir apparaître des *zones de transparence anormale* qui tranchent par leur clarté sur la

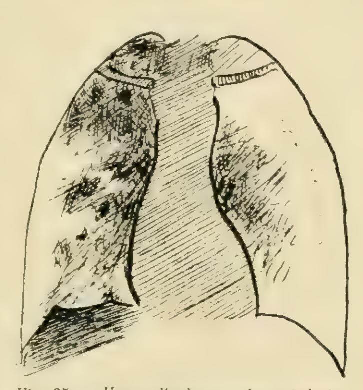


Fig. 25. — Vague diaphragmatique, à droite, dans un poumon tuberculeux.

teinte sombre du tissu pulmonaire. Ces zones qui ne sont autres que la projection de *cavernes*, sont petites, assez régulièrement arrondies: leur lieu d'élection,

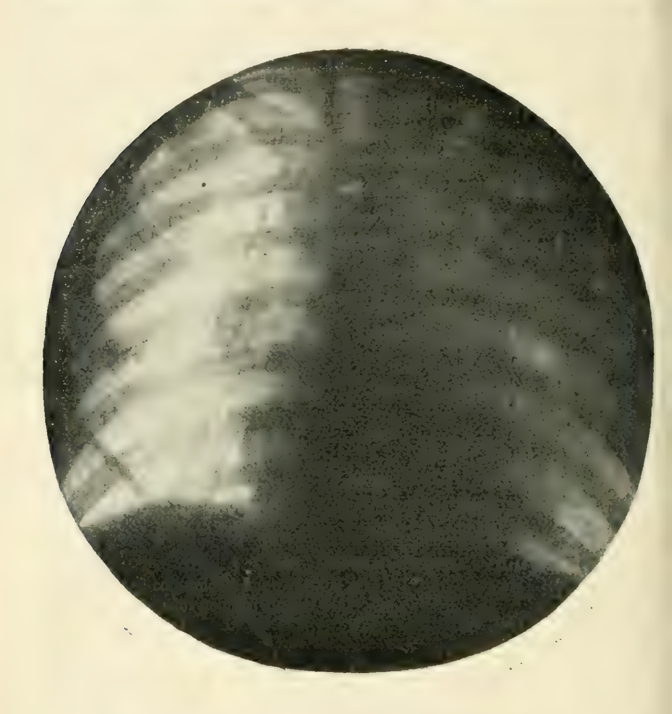


Fig. 26. — Tuberculose pulmonaire.

Envahissement de la plus grande partie de l'hémi-thorax gauche, avec adénopathie droite.

où on les observe le plus souvent, est la région sous ou rétro-claviculaire, mais on peut en voir aussi à un étage beaucoup moins élevé des champs pulmonaires. Elles sont souvent entourées d'une zone plus sombre

comme cerclées d'un anneau opaque qui représente la projection des parois de la caverne. Leur aspect se modifie du jour au lendemain par suite des liquides muco-purulents dont elles peuvent être plus ou moins remplies.

Le diaphragme enfin n'est pas insensible à l'action de la tuberculose : en même temps que l'élasticité pulmonaire diminue, que le jeu des côtes devient de plus en plus imparfait, le diaphragme lui-même voit sa course diminuer d'amplitude ; au lieu de former une coupole régulièrement convexe il prend un aspect irrégulier qu'on a appelé *festonné*, qui est surtout manifeste dans l'inspiration profonde (diaphragme en « vague », comme le dit volontiers M. Aviragnet).

Cette vague diaphragmatique est due aux adhérences multiples que le tissu pulmonaire malade contracte avec la plèvre et qui interviennent pour modifier le diaphragme dans sa course et l'altérer dans sa forme.

La diminution d'amplitude des mouvements du diaphragme peut aller jusqu'à l'immobilité complète, telle qu'on l'observe dans les pleurésies.

La valeur du radio-diagnostic dans la tuberculose est considérable : dans les cas douteux, un radio-diagnostic positif conduit à la certitude ; dans les cas avérés, il confirme l'examen clinique, lui apporte plus de certitude et donne sur l'étendue, la profondeur et l'intensité des lésions, des renseignements plus complets et plus précis que l'auscultation. De plus en plus il prend une place incontestée dans tous les services hospitaliers, tous les dispensaires spéciaux, les sanatoriums où l'on s'occupe de tuberculose.

Malgré tout il reste quand même un examen imparfait : il ne révèle pas tout ce qui reste de sain dans un poumon altéré, car des zones opaques peuvent se superposer à des zones claires et en masquer l'aspect

de même que des cavernes profondes peuvent échapper aux regards d'un observateur attentif par suite de ces superpositions qu'il est bien difficile d'éviter.

Il faut aussi savoir qu'au-dessous d'une certaine altération du parenchyme, de même qu'au-dessous d'un certain épaississement pleural (nous le verrons plus tard), les plages pulmonaires restent claires. Il faut donc déjà un certain degré d'épaississement pour donner des ombres sur l'écran. Il s'en suit qu'un certain nombre de tuberculoses légères peuvent échapper à l'examen radioscopique.

Les voiles persistants du sommet, considérés comme si importants, doivent, pour avoir toute leur valeur, être confirmés par les signes cliniques d'auscultation. Il y aura lieu aussi de se méfier des interprétations trop absolues en ce qui concerne les lésions en évolution et les lésions cicatrisées, ou en voie de cicatrisation ; là encore la clinique doit être inséparable du radiodiagnostic, il ne faudra pas se borner à un seul examen, il faudra au contraire les pratiquer en série si l'on veut juger de la marche évolutive de l'affection.

2° **Sclérose pulmonaire.** — Les scléroses pulmonaires se présentent à l'écran sous l'aspect d'une ombre plus ou moins opaque occupant la totalité ou la presque totalité d'un hémi-thorax.

L'aspect de cette opacité n'est pas homogène : des zones franchement obscures se mêlent à des espaces plus clairs ; l'ensemble du champ pulmonaire est en général rétréci, l'obliquité des côtes plus prononcées par rapport à l'horizontale, et on constate fréquemment, au moment de l'inspiration profonde, un déplacement de l'ombre cardio-aortique du côté malade (Béclère) ; phénomène qui est dû à ce fait que la paroi thoracique, en s'écartant dans l'inspiration, aspire pour ainsi dire, par l'intermédiaire d'un tissu

qui a perdu toute élasticité, les organes du médiastin qui lui sont adjacents, tandis que le côté opposé, qui est resté sain, se laisse distendre davantage et présente ainsi une clarté exagérée (fig. 27).

Quelques îlots de tissu pulmonaire moins condensé, et sans doute aussi quelques parties du parenchyme restées saines, jettent quelques taches plus claires sur l'obscurité pulmonaire dont le fond, gris sombre, est zébré de traînées véritablement noires, tractus fibreux épais, se projetant parfois de profil, et qui donnent à la sclérose pulmonaire cet aspect peu homogène qui fait l'objet de toutes les descriptions classiques.

Ces scléroses pulmonaires étendues, généralisées à tout un poumon ou tout au moins à sa plus grande partie, sont toujours consécutives à une affection aiguë ou subaiguë de poumon, en particulier à la broncho-pneumonie de l'enfance. Il se produit un processus de cicatrisation scléreux et rétractile qui donne à l'hémi-thorax intéressé l'aspect caractéristique que nous venons de décrire.

Nous devons ajouter que dans la grande majorité des cas, dans le champ pulmonaire rétréci, la voûte diaphragmatique se distingue parfois avec une certaine netteté, mais elle a perdu toute élasticité, elle est en général plus élevée qu'à l'état normal, diminuant ainsi les dimensions verticales du poumon que l'aplatissement des côtes resserre dans le sens transversal.

Nous avons dit que les mouvements respiratoires entraînaient des déplacements de l'ombre médiane. Ces déplacements peuvent être définitifs et c'est essentiellement à la suite des scléroses pulmonaires étendues que se rencontrent les déviations acquises du cœur.

Dans le cas de sclérose du côté droit, le cœur peut être complètement attiré à droite : nous avons alors l'aspect d'une *dextrocardie* plus ou moins accentuée mais qui peut être telle que pas la moindre

portion de l'ombre cardio-aortique n'apparaisse plus dans l'image pulmonaire gauche (fig. 27).

Le même fait se produit en sens inverse dans les scléroses affectant le côté gauche du thorax. Le phénomène est moins apparent parce que normalement le cœur se trouve plus à gauche, et que la disparition de l'image de l'oreillette droite à droite du sternum est moins sensible que celle du cœur gauche dans la plage pulmonaire correspondante. Mais le fait est aussi fréquent et nous avons observé au cours de notre carrière la sénestrocardie aussi souvent que la dextrocardie au cours des scléroses pulmonaires étendues.

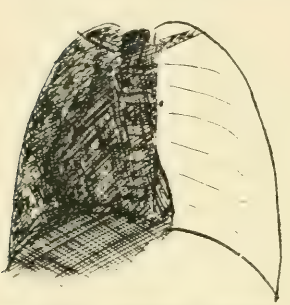


Fig. 27. — Sclérose pulmonaire droite avec dextrocardie acquise et rétrécissement du champ pulmonaire. (Schéma.) O. G., 8 ans.

Des foyers de tuberculose localisée peuvent-ils donner lieu à des *scléroses partielles*, le fait n'est pas douteux. Mais la forme la plus habituelle des scléroses partielles est certainement la forme *hilaire* qui se développe à la suite d'une adénopathie des ganglions trachéo-bronchiques et consécutive à un processus de cicatrisation de l'adénite et de la périadénite.

Dans ce cas, une ombre hilaire nette, opaque, très foncée, envoie des arborisations grises et épaisses le long des ramifications bronchiques, atteignant souvent le diaphragme et masquant le contour du cœur. Dans d'autres cas, les scléroses pulmonaires partielles affectent un type diaphragmatique, elles se présentent sous l'aspect de bandes grisâtres transversales situées immédiatement au-dessus du diaphragme dont elles épousent la forme et les contours. Elles tirent

leur origine dans les vieux épanchements pleuraux de la base du poumon ayant amené des épaississements fibreux de la membrane, dans les broncho-pneumonies du lobe inférieur, dans les inflammations tuberculeuses péridiaphragmatiques (Loeper et Paillard), et même enfin dans ces abcès sous-phréniques dont les réactions se font très bien sentir à la plève et au tissu pulmonaire de la base à travers la membrane enflammée.

3° **La pneumonie.** — Les constatations de la radioscopie n'ont pas la même valeur chez l'adulte que chez l'enfant.

Chez le premier, en effet, les symptômes cliniques et sthétoscopiques sont tels que le recours radioscopique est rarement jugé nécessaire et que les renseignements qu'il donne n'ont pas une valeur qui soit comparable aux autres signes physiques ou aux symptômes généraux. Chez l'enfant, au contraire, ce sont surtout les signes physiques d'auscultation et de percussion qui sont hésitants : matité souvent impossible à déceler de par le siège du foyer : diminution du murmure vésiculaire, ou silence respiratoire aussi difficiles à mettre en évidence ; retard dans l'apparition des râles fins et du souffle ; tous ces signes tirent leur origine de la zone qui entoure le foyer d'hépatisation, alors que la radioscopie, elle, met en relief l'hépatisation elle-même.

Les noms du Professeur Weil et de son élève Mouriquand sont inséparables de l'étude de la pneumonie chez l'enfant. Ces auteurs ont établi que :

1° l'image radioscopique peut apparaître un, deux, ou trois jours après les signes physiques, et souvent beaucoup plus tard ;

2° l'image peut être contemporaine des signes ;

3° l'image peut précéder les signes ;

4° l'image peut seule exister en dehors des signes.

L'image radioscopique constitue donc un élément constant parmi les symptômes de la pneumonie ; mais c'est un symptôme qui évolue comme la maladie, et qui en dehors de sa valeur diagnostique, prend par les différents aspects qu'il peut présenter, une valeur pronostique loin d'être négligeable.

En effet, plus l'image est précoce, plus l'extension de l'hépatisation est à craindre, plus la pneumonie risque d'être grave. Plus son apparition est tardive, au contraire, plus la bénignité est à espérer. Ce sont là des faits réels, mais qui, pour pouvoir être affirmés sans restriction, demandent à être observés avec soin : un examen radioscopique tardif ne saurait conclure quoi que ce soit de positif dans cet ordre d'idées.

Forme de l'image. — L'image radioscopique de la pneumonie de l'enfance revêt la forme d'un « *triangle à base insérée sur la face externe du poumon, à sommet dirigé vers le hile* (Ed. Weil et Mouriquand) ». Cet aspect se montre dès le début : l'ombre légèrement teintée que révèle l'examen le plus précoce a déjà cette forme. Ce triangle primitif peut être la seule forme observée de l'image pendant tout le cours de la pneumonie ; mais il peut aussi s'étendre et s'augmenter d'ombres additionnelles qui en varient la forme et l'étendue, et qui se manifestent par des ombres diffuses qui s'étendent dans le champ pulmonaire et qui sont analogues à celles de la tuberculose ou de la broncho-pneumonie lobaire. Ces ombres secondaires ont une durée variable : ce sont elles qui disparaissent le plus vite, et lorsqu'elles ont disparu, elles laissent de nouveau apercevoir l'ombre triangulaire qui avait été observée dès le début. C'est le *triangle de retour*, opposé au triangle primitif d'hépatisation (voir fig. 28).

La réapparition du triangle est en général contem-

poraine de la défervescence de la maladie, ou lui succède à deux ou trois jours d'intervalle.

Il y a une marche parallèle certaine entre l'évolution clinique et l'évolution radioscopique : l'une et

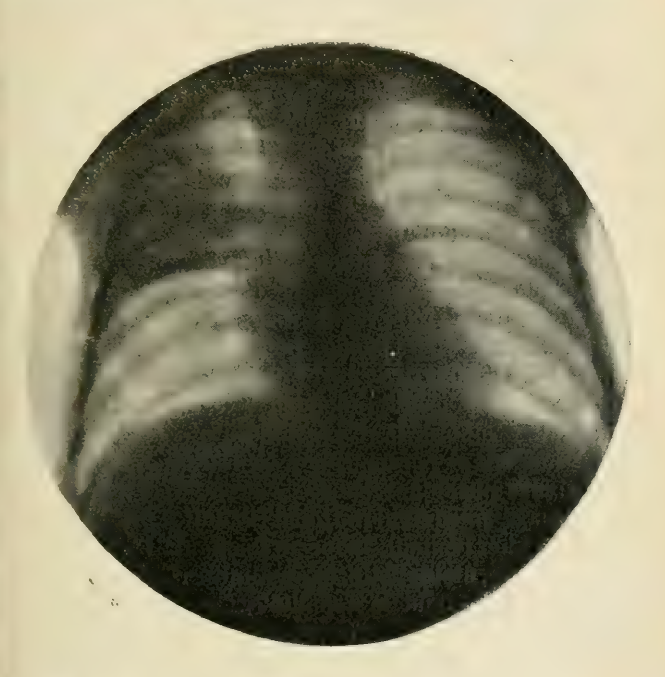


Fig. 28. — Pneumonie du sommet droit chez un enfant de 10 mois.

l'autre peuvent se prolonger ; l'image persiste alors, soit sous la forme du triangle de retour, soit sous la force d'ombres additionnelles ; et tant qu'il existe de l'hépatisation au cours de la pneumonie, l'écran montre une opacité pulmonaire, qui, dans sa forme pure, revêt la forme d'une image triangulaire.

Le tiers supérieur droit et la base gauche sont les sièges les plus fréquents de l'hépatisation au cours de la pneumonie. Toute hépatisation touche à la périphérie pulmonaire : la radioscopie a démontré que la pneumonie dite centrale, à signes physiques déficients, n'existait pas.

Le cadre forcément restreint de cet ouvrage ne nous permet pas d'aborder l'étude du diagnostic différentiel de la pneumonie chez l'enfant. Ce qu'il importe de savoir, c'est que la radioscopie tranche ce diagnostic quand la maladie est arrivée au stade de l'hépatisation, c'est-à-dire quand il y a pneumonie franche et complète.

En est-il de même chez l'adulte ?

Le plus souvent les signes cliniques, l'état général du malade et les signes physiques, dispensent de recourir à la radioscopie. Cependant cette dernière peut faire découvrir le foyer d'hépatisation plus rapidement que l'auscultation ou la percussion. Lorsque la maladie évoluera, la régression du ou des foyers sera plus longtemps perceptible à la radioscopie que par les signes physiques.

L'image pneumonique chez l'adulte peut revêtir, comme chez l'enfant, la forme triangulaire, mais elle est plus rare, moins nette, moins limitée. C'est une image assez diffuse, dont la tonalité va en s'atténuant du centre à la périphérie. Lorsque l'hépatisation s'accentue, l'ombre augmente, devient plus irrégulière, se tache de placards plus sombres, mais n'atteint en général pas une opacité comparable à celle de la sclérose, ou de la tuberculose pulmonaire.

Alors que les signes sthétoscopiques ont disparu, les ombres radioscopiques persistent encore pendant un temps assez long ; et ce n'est que lorsqu'elles ont complètement disparu que l'on peut affirmer que le poumon a repris son aspect et son fonctionnement normal, et que par conséquent la guérison est complète.

4° **La broncho-pneumonie.** — La broncho-pneumonie ne donne à l'écran que des ombres légères, diffuses, difficiles à préciser : c'est tantôt une partie d'un hémi-thorax qui est d'une tonalité légèrement grisâtre ; tantôt un hémi-thorax tout entier. Mais la transparence pulmonaire peut n'être pour ainsi dire pas modifiée, d'autant moins qu'il se développe de l'emphysème pulmonaire dans l'intervalle des îlots broncho-pneumoniques : emphysème qui vient, par sa transparence anormale, masquer l'opacité des foyers de broncho-pneumonie.

5° **Emphysème pulmonaire.** — L'emphysème pulmonaire donne une image radioscopique caractéristique qui se manifeste à l'écran par trois signes spéciaux (Jaugeas) :

1° *Augmentation de l'étendue de l'image pulmonaire.* — Cette augmentation est due à l'extrême dilatation des vésicules pulmonaires qui détermine une augmentation de volume du poumon : la cage thoracique paraît dilatée, les côtes surélevées, et le diaphragme abaissé. Les sinus costo-diaphragmatiques s'effacent sous l'élargissement des champs pulmonaires, et le dôme diaphragmatique prend une forme horizontale ;

2° *Augmentation de la clarté pulmonaire*, corollaire du premier signe, qui est due à l'augmentation de la masse d'air contenue dans le poumon ainsi qu'à l'amincissement des parois alvéolaires distendues ;

3° *Diminution de la course diaphragmatique* et affaissement du dôme du diaphragme surtout pendant l'expiration, symptôme qui est également la conséquence de l'expansion exagérée de la cage thoracique qui crée une capacité respiratoire moins grande, laquelle peut même aller jusqu'à provoquer l'immobilité complète de l'organe.

L'emphysème circonscrit tel qu'on le rencontre

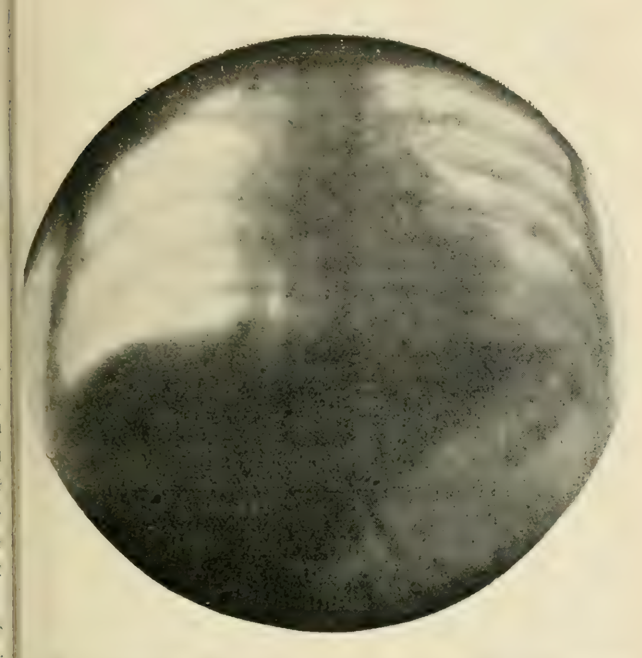
dans la pneumonie, la tuberculose ou aussi la broncho-pneumonie, donne une image formée de contrastes : très claire dans les zones emphysémateuses, elle est sombre dans les parties infiltrées ; mais ces différentes zones peuvent se superposer et fausser ainsi les résultats de l'examen.

6° *Dans la congestion pulmonaire*, comme dans l'œdème du poumon, l'examen radioscopique fournit peu de signes nets : ce sont des ombres, légères, floues, sans différenciations nettes. J'ai vu des zones opaques border l'oreillette droite, être prises pour des zones d'adénopathies légères avec congestion périganglionnaire, et n'être constituées en réalité que par des zones congestives du poumon, l'autopsie ayant révélé la véritable nature de la lésion (fig. 29).

7° La *gangrène pulmonaire* ne se révèle pas davantage par des aspects radioscopiques spéciaux : opacité sans limites nettes alors que l'autopsie montre des cavités gangrenées paraissant bien délimitées ; foyers chevauchant les uns sur les autres, donnant à l'écran un aspect granité analogue à celui que l'on rencontre dans certains cas de tuberculose. Mais ce ne sont là que des apparences : la nature même de la lésion, c'est la clinique qui l'enseigne, la radioscopie ne fait que la confirmer, et peut parfois renseigner sur l'étendue, le nombre et l'importance des foyers.

8° L'*abcès* présente des caractères plus nets, nous verrons qu'il est facile de le confondre avec une pleurésie purulente enkystée. Cependant il montre assez souvent un aspect cavitaire, avec un pourtour marqué d'un anneau sombre et un liquide opaque à l'intérieur avec niveau horizontal et parfois fluctuant. Souvent aussi, il est difficile de dissocier l'ombre de l'abcès du foyer pneumonique qui peut lui avoir donné naissance. Là encore la radiologie n'est qu'un auxiliaire de la clinique, et il faut se garder des interprétations rapides.

9° Nous en aurons fini avec les ombres radioscopiques du parenchyme pulmonaire quand nous aurons signalé la contribution importante et pratique



ig. 29. — Congestion pulmonaire à droite avec foyer de gangrène à la base gauche chez un enfant de 9 mois.

qu'apportent les rayons X à l'étude des kystes hydatiques du poumon et à celle des tumeurs de cet organe.

L'image que fournit le *kyste hydatique* est bien caractéristique : ombre circulaire ou ovalaire occupant la partie moyenne du poumon ; un des bords de

l'image peut se confondre avec la périphérie thoracique, l'autre bord montrera alors son contour convexe bien délimité qui ne saurait être confondu avec autre chose. Mais il faut toujours être réservé en médecine, et une tumeur tuberculeuse ou un sarcôme central peuvent parfois être pris pour un kyste et réciproquement; mais quelle que soit la nature de l'ombre, la radioscopie renseigne sur son siège, ses dimensions, ses limites ; elle fournira ainsi un guide sûr au bistouri du chirurgien.

Les *tumeurs cancéreuses* peuvent être de nature assez variée. Lorsqu'elles sont primitives, elles donnent à l'écran une ombre dense, très opaque, dont les limites, quoiqu'un peu voilées, tranchent assez fortement avec le tissu pulmonaire voisin. Ces ombres sont volumineuses ; il n'est pas rare de les voir envahir tout un lobe pulmonaire ; on ne distingue plus au milieu d'elles les contours des organes du médiastin. Parmi ces tumeurs (carcinôme, sarcôme, endothéliôme, etc.) le sarcôme se caractérise par la netteté de ses contours qui peuvent le faire prendre pour une tumeur adénopathique du médiastin, ou un lymphadénome.

Enfin, on peut, au cours d'un cancer du sein ou de tout autre organe de l'économie, voir apparaître dans le poumon des noyaux infiltrés de cancer secondaire : taches multiples à contours précis, à développement progressif, et qui apparaissent très nettement (Jaugeas) au milieu du tissu pulmonaire voisin.

D. — Les ombres pleurales.

L'examen radioscopique ne se cantonne pas seulement à l'investigation du parenchyme pulmonaire : il apporte au clinicien des renseignements de tout premier ordre sur les altérations qui peuvent affecter les enveloppes du poumon, les *plèvres*.

La séreuse qui tapisse la grande cavité pleurale, dans tous ses moindres replis, diaphragme et sinus costo-diaphragmatiques, inter-lobes pulmonaires, diverticules médiastinaux, se prête particulièrement aux examens à l'écran, en raison du peu de densité des tissus qu'elle recouvre.

Nous envisagerons dans ce chapitre les caractères radioscopiques que peuvent présenter les pleurésies avec leurs différentes variétés.

La pleurésie étant essentiellement constituée par un épanchement de liquide dans la plèvre, l'ombre qu'elle présentera sur l'écran dépendra avant tout de l'abondance du liquide, de sa localisation, et en partie de sa nature.

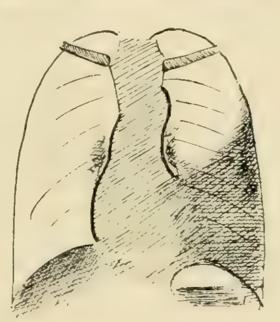


Fig. 30. — Pleurésie gauche moyenne. (Schéma.)

La grande pleurésie avec épanchement apparaît sous l'aspect d'une ombre opaque envahissant d'abord toute la base du champ pulmonaire, comblant les sinus costo-diaphragmatiques, masquant les contours du diaphragme et dont la limite supérieure généralement assez nette, est représentée par une courbe à concavité supérieure dont la pointe externe toujours plus élevée que la pointe interne remonte plus ou moins haut, atteignant très facilement la région axillaire dans les épanchements moyens.

Cette courbe supérieure de l'ombre pleurétique correspond à la courbe de Damoiseau (fig. 30). Elle est pathognomonique de la pleurésie lorsqu'il s'agit d'un épanchement séreux : l'ombre peut être très étendue, occuper toute la hauteur de l'hémi-thorax qui alors apparaît complètement sombre lorsque l'épanchement est abondant.

Il importe cependant de différencier l'opacité com-plète d'un poumon atteint de pleuro-pneumonie ou de spléno-pneumonie de celle d'une pleurésie abon-dante. Nous croyons que les aspects décrits sous le nom de pleurésie bloquée, qui se caractérisent par une obscurité totale, homogène, de tonalité grise, sont beaucoup plus souvent liés à un état splénopneumoni-que qu'à une pleurésie simple, même très abondante. La déviation du cœur ne s'y rencontre pas comme elle se rencontre dans les grandes pleurésies. Le sommet est toujours envahi au même titre que le reste du pou-mon, alors que dans la pleurésie, à moins de lésions tuberculeuses du parenchyme pulmonaire simulta-nées, l'extrême sommet reste généralement clair.

Dans les grandes pleurésies, cœur et organes du médiastin sont souvent refoulés du côté sain. Du côté de l'abdomen l'ombre pleurétique se continue avec l'ombre abdominale : à gauche seulement, les gaz contenus dans l'estomac permettent de deviner la mince cloison diaphragmatique.

La direction oblique en haut et en dehors de la limite supérieure de l'épanchement, peut s'expliquer par le fait que sur le côté le liquide apparaît sous une plus grande épaisseur, et que le poumon a plutôt une tendance à être refoulé en haut et en dedans sous la poussée du liquide.

Dans les épanchements purulents et hémorragiques et en général dès que le liquide possède une densité plus grande, non seulement l'ombre devient plus opaque mais la limite supérieure tend à devenir de plus en plus horizontale (Arnsperger).

Lorsqu'on examine le malade couché, la limite supérieure du liquide disparaît, ainsi que la logique le fait pressentir. De même, ou peut faire varier la limite supérieure du liquide en inclinant plus ou moins le malade soit d'un côté soit de l'autre.

Aux épanchements du côté gauche est liée la dévia

tion du cœur à droite, déviation qui est un refoulement et se produit en masse sans mouvement de bascule. Mais il faut pour cela la présence d'un épanchement très abondant ; et encore ne croyons-nous pas qu'il s'agisse là d'une règle absolue. Maintes fois nous avons constaté des pleurésies dont l'ombre envahissait la totalité d'un hémi-thorax gauche, sans que le cœur fût sensiblement refoulé vers la droite.

Sur le diaphragme, au contraire, l'action paraît constante : l'altération des membranes pleurales qui le recouvrent entraîne une paralysie plus ou moins totale qui se traduit dans l'amplitude de ses mouvements respiratoires par une diminution qui peut aller jusqu'à l'immobilité complète.

Toutes les pleurésies sont loin de répondre à cette description générale : des brides fibreuses, des épaississements inflammatoires ou cicatriciels, des adhérences, peuvent circonscrire l'épanchement, et nous pouvons ainsi avoir des pleurésies pariétales, des pleurésies de la base, et des pleurésies du sommet. Il est nécessaire de faire varier dans toute la mesure possible l'incidence suivant laquelle se fait l'examen de manière à bien se rendre compte de la position exacte, profonde, superficielle, antérieure, postérieure, latérale, etc... de l'épanchement. On conçoit toute l'importance d'une localisation exacte quand il s'agit de guider avec précision le trocart de la ponction. Dans cet ordre d'idées, la radioscopie est indispensable et seule elle peut donner des renseignements dont l'exactitude soit rigoureuse.

Nous avons dit que l'épanchement pleurétique pouvait se localiser soit à l'interlobe, soit au diaphragme, soit au médiastin. Ces variétés de localisations créent des variétés de pleurésies qui, bien que plus rares que les pleurésies de la grande cavité, n'en sont pas moins quelquefois observées. Ce sont les pleurésies inter-lobaires, médiastinales et dia-

phragmatiques, auxquelles est venu s'ajouter le type hilaire décrit par Barjon.

Les *pleurésies inter-lobaires* se caractérisent par la présence d'une bande grisâtre tendue du hile à la paroi externe du poumon, dont les contours sont assez nets et assez souvent linéaires. La position de l'ampoule, on le conçoit, peut déterminer des variations d'aspect dans l'image de la pleurésie inter-lobaire qui apparait plus large et moins opaque quand les rayons sont dirigés obliquement par rapport à la lésion, et qui est au contraire plus mince et plus opaque si la pleurésie se trouve examinée de façon plus normale.

Les *pleurésies médiastinales* comme les *pleurésies hilaires* n'offrent pas toujours de signes bien caractéristiques : ombres débordant l'ombre cardio-vasculaire, à contours réguliers, à tonalité sombre, localisées au hile dans la pleurésie de Barjon, siégeant plus ou moins haut et plus étendues, jusqu'à la voûte du diaphragme, dans la pleurésie médiastinale ; mais toujours de diagnostic difficile et d'interprétation hasardeuse, même avec les secours les plus éclairés de la clinique.

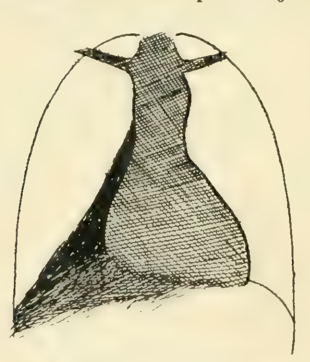


Fig. 31. — Schéma d'une pleurésie médiastinale droite.

Il est des cas cependant où la pleurésie médiastinale se révèle à l'écran d'une façon assez caractéristique. Elle offre alors l'aspect d'une ombre triangulaire allongée de haut en bas, longeant l'ombre cardiaque dont le sommet remonte très haut vers le hile et dont la base vient se confondre avec l'ombre de la coupole diaphragmatique (fig. 31).

Cette ombre triangulaire est de tonalité assez foncée, ouvent plus foncée que celle du cœur. Elle se retrouve lans l'espace rétro-cardiaque en position oblique, equel est entièrement obscurci dans sa partie inféieure.

La *pleurésie diaphragmatique* donne une ombre dont 'interprétation est plus facile. Elle occupe la base de 'hémi-thorax sur toute sa largeur et s'étend horizonalement sur une hauteur de plusieurs centimètres. lais encore, la localisation sus ou sous-diaphragnatique est-elle incertaine (Jaugeas), et ne peutlle être guère tranchée qu'à gauche où la chambre azeuse de l'estomac permet de se rendre compte ies contours inférieurs du diaphragme.

Le *pneumo-thorax* est caractérisé par la présence l'un épanchement gazeux généralement introduction l'air) dans la cavité pleurale. l se manifeste sur l'écran par ine clarté très vive, mais il xiste rarement isolé. Le plus ouvent il est accompagné 'un épanchement liquide : iydro-pneumo-thorax, ou yo-pneumo-thorax quand et épanchement est purument.

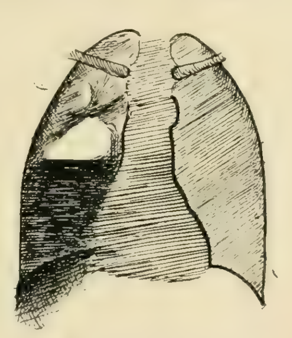


Fig. 32. — Hydro-pneumo-thorax. (Schéma.)

L'image radioscopique est lors saisissante de netteté t peut être comparée comme l'a fait Williams, à un bocal de verre à moitié rempli d'encre ». D'où deux ones du côté malade, l'une supérieure très claire orrespond à l'épanchement gazeux, l'autre inférieur rès sombre correspond à l'épanchement liquide ig. 32).

La limite des deux zones est nettement horizonıle, c'est un niveau d'eau, animé de véritables mou-

vements de vagues lorsqu'on imprime quelques secousses au malade.

Les battements cardiaques peuvent également, surtout si l'hydro-pneumo-thorax siège à gauche, communiquer un certain mouvement ondulatoire à la surface du liquide.

Un phénomène d'apparence paradoxale se produit à l'occasion des mouvements respiratoires ; il a été décrit par Kienböck : à chaque inspiration le diaphragme du côté sain s'abaisse, le niveau du liquide du côté malade au contraire remonte ; à l'expiration, c'est le contraire : le diaphragme du côté sain remonte alors que le niveau liquide s'abaisse.

Différentes explications ont été données de ce phénomène en somme assez simple puisque du côté malade, le diaphragme étant paralysé, la respiration est inexistante et que, par conséquent, ce còté subit en sens inverse le contre-coup des différences de pression qui se produisent du côté sain dans les mouvements d'inspiration et d'expiration.

Les reliquats pleurétiques et les épaississements de la plèvre. — Lorsque les épanchements séreux ou purulents de la plèvre ont disparu, et que ni l'auscultation ni la percussion ne révèlent plus de traces de liquide dans la séreuse, il s'en faut que l'image radioscopique redevienne immédiatement normale. Souvent la pleurésie laisse après elle des épaississements assez considérables de la membrane pleurale. Péhu et Daguet qui ont bien étudié la question estiment qu'ils peuvent présenter un aspect radioscopique variable avec le degré de reliquat qu'a laissé la pleurésie.

Les reliquats du *premier degré*, les plus légers, donnent une image normale du champ pulmonaire : à peine le diaphragme présente-t-il une silhouette embrumée dont la direction se rapproche de l'hori-

zontale. Le sinus costo-diaphragmatique se creuse mal, mais néanmoins reste visible.

Au *second degré*, le sinus est invisible, il est comblé ; le diaphragme dont le contour supérieur est toujours peu net, semble s'insérer plus haut sur les côtes ; sa direction n'est plus horizontale, mais paraît oblique en bas et en dedans. Le champ pulmonaire continue à présenter une clarté sensiblement normale.

Au *troisième degré*, non seulement on constate une opacité des sinus et une réaction diaphragmatique telles que nous venons de les décrire, mais l'image pulmonaire elle-même présente certaines modifications : il n'est pas rare de constater une ombre revêtant la forme d'une écharpe grise plus ou moins triangulaire à base costale et à sommet hilaire. Ses dimensions sont variables, elle peut être immédiatement susdiaphragmatique, ou au contraire, séparée de l'organe par une bande plus claire dont la largeur est variable.

Au *quatrième degré* enfin, les épanchements pleuraux laissent des reliquats importants qui donnent une teinte grise uniforme de tout l'hémi-thorax. On peut y rencontrer également les signes de vestiges de collection liquide : des opacités plus ou moins étendues et foncées tranchant sur le fond gris de la plage pulmonaire, indices d'épanchements interlobaires à opacité suspendue, ou signes d'épanchements marginaux se révélant par une opacité en galette siégeant dans la région axillaire.

Tous ces degrés s'accompagnent de modifications sensibles dans l'amplitude des mouvements du diaphragme ; on constate parfois des voiles des sommets, et des opacités irrégulières, sans forme définie, dues aux épaississements pleuraux ou à des formations de sclérose pulmonaire dans le tissu sous-jacent.

Quelques vérifications anatomiques ont permis à MM. Péhu et Daguet de comparer les lésions vérifiées aux constatations radioscopiques.

C'est ainsi que l'image en écharpe correspond à un épaississement fibreux à surface tomenteuse de la plèvre viscérale du lobe inférieur. Quant à l'obscurité uniforme, elle correspond à un état dépoli de la plèvre et épaississement étendu du feuillet viscéral, comme aussi, parfois, du feuillet pariétal.

Ce sont surtout les pleurésies tuberculeuses qui laissent après elles des reliquats dont l'image radioscopique correspond à la description ci-dessus. Et ce peut être là, parfois, un élément important de diagnostic. Quant aux épanchements traumatiques et aux emphysèmes pneumoniques, ils laissent moins de traces et permettent assez rapidement une restitution intégrale de la clarté pulmonaire.

Les symphyses pleurales. — Non seulement les feuillets pleuraux peuvent être épaissis, mais ils peuvent être soudés ensemble, soudés aussi au diaphragme sur lequel ils reposent, soudés enfin au tissu pulmonaire sous-jacent, et constituer alors la symphyse pleuro-pulmonaire.

Ces différents états ont été bien étudiés par Barjon qui, lui aussi, a pu superposer les résultats de l'autopsie aux données de l'examen radioscopique, et arriver ainsi à des conclusions intéressantes.

Tout processus inflammatoire du poumon ou des plèvres peut produire la symphyse : pleurésie, pneumonie, broncho-pneumonie, cancer, etc..., mais la cause la plus habituelle est la tuberculose pulmonaire. Les symphyses broncho-pulmonaires sont les manifestations tardives de lésions tuberculeuses plus ou moins cicatrisées : mais tout foyer ancien peut redevenir actif à un moment donné, il est donc de

toute importance de pouvoir les dépister, car aucun facteur ne doit être négligé dans la lutte contre la tuberculose[1]. Or les symptômes cliniques de la symphyse sont des plus discrets, et l'affection peut très bien, en l'absence même de tout phénomène pulmonaire, passer inaperçue. C'est pourquoi il est de toute nécessité de recourir à la radioscopie qui, seule, dans un grand nombre de cas, peut permettre de formuler un diagnostic.

Deux signes principaux dominent la symptomatologie radiologique de la symphyse : *l'effacement du sinus costo-diaphragmatique*, et *l'immobilisation du diaphragme*.

Disons tout de suite que ces signes n'ont qu'une valeur relative et que si l'autopsie confirme toujours le diagnostic de symphyse lorsqu'ils ont été constatés sur l'écran, l'affection est plus fréquente que ne l'indique la radioscopie, et des observations précises ont montré que la symphyse pouvait parfaitement exister alors que les sinus paraissaient clairs, et la mobilité du diaphragme normale.

Les observations de Barjon lui ont permis de classer les sinus en trois groupes au point de vue radioscopique :

1° *Sinus complètement effacés*, se traduisant par une obscurité totale du cul-de-sac costo-diaphragmatique produite par des exsudats accumulés dans le fond du sinus, qui ont refoulé la mince lame pulmonaire jusqu'à la chasser complètement. Mais le poumon, hépatisé à sa base, ou dont le parenchyme est condensé par suite de l'évolution de la tuberculose, peut aussi produire l'effacement du sinus. Dans ce cas, d'une part l'effacement sera peut-être

1. Surtout depuis la mise en pratique de la méthode thérapeutique de Forlanini qui repose sur la formation d'un pneumo-thorax artificiel, pour décoller le poumon, le comprimer progressivement, et le mettre ensuite au repos.

moins complet, d'autre part on trouvera dans l
reste des plages pulmonaires une opacité plus étendu
et plus homogène.

2° *Sinus effacés partiellement*, sinus moins pro-
fonds, comblés partiellement, dans lesquels la point
du croissant clair a disparu, sinus déformés, toute
constatations très importantes car le sinus partielle-
ment effacé a toujours une origine pleurale ; tous le
cas observés par M. Barjon ont reçu une confirmatio
anatomique indiscutable.

3° *Le sinus paraît normal.* — Et ce n'est pas un
raison pour qu'il soit indemne de toute symphyse
Dix fois sur vingt-cinq cas, elle a été rencontrée à
l'autopsie en dehors de toute constatation radiosco-
pique.

Un examen positif en ce qui concerne les sinus
permet donc d'affirmer l'existence d'une symphys
tuberculeuse ; un examen négatif ne permet pas de la
nier.

L'immobilité du diaphragme n'est pas un signe plus
absolu. D'une part quantité d'autres causes peuven
la produire, d'autre part, elle est loin d'être constant
car en dehors de la symphyse l'état du poumo
sous-jacent intervient comme facteur important dan
l'amplitude des mouvements diaphragmatiques. Si l
poumon est sain, l'amplitude sera conservée ; si pa
contre le poumon est détruit, l'immobilité du dia
phragme est complète.

Donc des deux signes classiques de la symphys
l'un, l'effacement du sinus, conserve une grand
valeur pour le diagnostic de la lésion; l'autr
l'immobilité du diaphragme, nous renseigne surto
sur l'état du poumon sous-jacent ; il est donc surto
important au point de vue du pronostic, car par l
on sera fixé sur la valeur et la capacité de la fonctio
respiratoire du poumon.

E. — Les tumeurs du médiastin.

On sait que le médiastin constitue l'ombre médiane dans l'examen antérieur des organes thoraciques. Cette ombre est formée, dans l'espace compris entre le sternum et la colonne vertébrale, par le cœur, les gros vaisseaux, qui sont opaques; puis par la trachée, l'œsophage, les ganglions médiastinaux, les grosses bronches qui occupent l'espace situé entre le cœur et la colonne vertébrale, et qui, presque invisibles normalement, remplissent dans l'examen oblique l'*espace clair rétro-cardiaque*. Entre le sternum et le cœur se glisse une languette pulmonaire qui se traduit également en examen oblique par un espace clair, plus mince que le précédent, l'*espace clair rétro-sternal*.



Fig. 33. — Tumeur ganglionnaire du médiastin. (Schéma.) (L. F., 4 ans.)

Les tumeurs du médiastin produisent sur l'écran un élargissement, parfois considérable, de l'ombre médiane, surtout sensible dans sa partie supérieure, correspondante aux ombres vasculaires. Ces ombres débordent dans la plage claire des poumons ; leurs contours sont en général bien nets et polycycliques. Elles appartiennent soit à des tumeurs cancéreuses (sarcomes, carcinomes) soit à des formations adénopathiques considérables, soit à la lymphadénie. Dans ce dernier cas l'ombre médiane est parfois tellement volumineuse qu'elle envahit les trois quarts des plages pulmonaires voisines.

L'hypertrophie du thymus appartient également aux tumeurs du médiastin ; l'ombre est assez arrondie et

son siège est assez élevé. Elle peut être unilatérale (Albert Weil), mais dans les cas que nous avons constatés elle était bilatérale, s'étendant dans la région sous-claviculaire interne jusqu'à la base du cœur, masquant même les sommets. Elle s'accompagne généralement de troubles fonctionnels (dyspnée, étouffement, cyanose, stridor) tels que le diagnostic s'impose. Toutefois nous avons vu les mêmes symptômes produits par des tumeurs ganglionnaires ou par des lymphadénomes. Là comme ailleurs la clinique ne perd jamais ses droits.

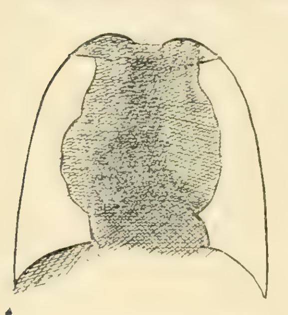


Fig. 34. — Volumineuse tumeur du médiastin (lymphadénome) coiffant complètement l'ombre cardiaque. (L. N., enfant de 9 ans.

De toutes façons, il faut toujours examiner le malade dans toutes les positions possibles pour établir les relations réciproques de l'ombre anormale avec les ombres vasculaires, cardiaque et vertébrale ; il faut tenir compte des mouvements respiratoires, des mouvements de déglutition, de tous les éléments enfin qui peuvent permettre la précision du diagnostic. Les formations ganglio-pulmonaires partant du hile peuvent prêter à confusion. Malgré toutes les précautions prises, le diagnostic sera parfois difficile.

Le *goitre plongeant* intra-thoracique donne en examen antérieur une ombre qui peut être confondue avec une ombre ganglionnaire supérieure, ou avec toute autre tumeur siégeant à la partie supérieure du médiastin. En position oblique on s'aperçoit qu'elle siège dans l'espace rétro-sternal, et cette constatation jointe aux signes cliniques importants lèvera tous les doutes.

CHAPITRE II

Exploration radiologique du cœur et de l'aorte.

LE COEUR NORMAL

A. — Les Contours.

Nous avons vu au début du chapitre précédent, que la cavité thoracique offrait à considérer à l'écran, deux plages latérales claires correspondant aux deux poumons, et une ombre médiane très opaque correspondant à l'ombre formée par la colonne vertébrale, le cœur et le sternum.

L'ombre du sternum et de la colonne vertébrale est assez étroite, et l'ombre cardiaque les déborde nettement à droite et à gauche, mais surtout à gauche, du moins chez l'adulte.

Lorsqu'on examine avec soin cette projection de l'ombre du cœur, on s'aperçoit qu'elle est formée de contours sinueux dont les différentes courbes correspondent aux différentes cavités du cœur.

Nous avons essayé de représenter dans la figure 35 le schéma de l'ombre cardiaque avec la situation qu'occupent les différentes cavités les unes par rapport aux autres et par rapport à la cage thoracique dans l'examen radioscopique antérieur.

On remarquera que la partie la plus considérable, la plus visible, celle que l'on a devant soi directement quand on regarde les organes thoraciques à

l'écran radioscopique, c'est le ventricule droit. Il est bordé à gauche par le ventricule gauche, dont on n'aperçoit qu'une faible portion, le bord gauche GG', terminé en bas par la pointe, qui est en rapport avec le cinquième espace intercostal et se trouve plus ou moins tangente au dôme diaphragmatique gauche.

A droite le ventricule droit est bordé par l'oreil-

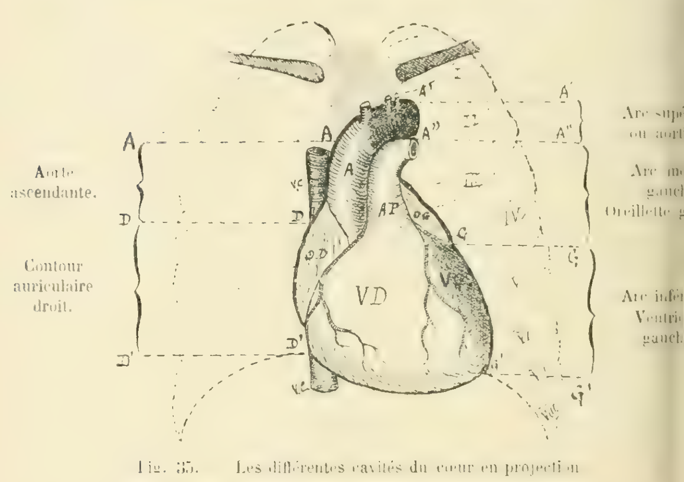


Fig. 35. — Les différentes cavités du cœur en projection dans la cage thoracique.

lette droite OD', qui est à proprement parler la seule portion du cœur qui soit perceptible à droite du sternum.

Au-dessus de ces cavités, l'ombre cardiaque devient plus étroite (fig. 36) ; elle est constituée *à gauche*, au-dessus du ventricule gauche, par l'oreillette gauche, l'artère pulmonaire et la crosse de l'aorte ; *à droite*, au-dessus de l'oreillette droite par l'ombre de l'aorte ascendante, à laquelle vient secondairement s'ajouter celle de la veine cave supérieure (V. C. fig. 35).

Schématiquement nous pouvons considérer les contours du cœur comme divisés en un certain nombre de segments que nous pourrons diviser avec MM. Vaquez et Bordet de la façon suivante (fig. 36) :

A droite : le point D marque la limite supérieure de l'oreillette droite, le point D' la limite inférieure de cette oreillette, au point où elle rencontre l'extrémité droite et inférieure du ventricule droit. Le point D' est le seul point en lequel on puisse apercevoir les battements du ventricule droit ; il est au niveau de l'angle cardio-diaphragmatique.

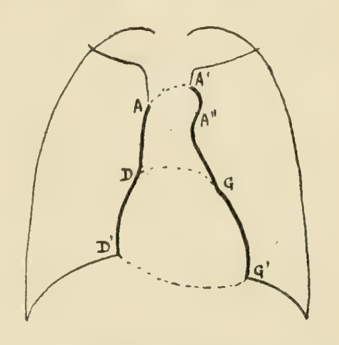


Fig. 35. – Les contours radioscopiques du cœur.

Au-dessus du point D, l'arc AD représente la portion de l'aorte ascendante visible sur l'écran, débordant légèrement l'ombre du bord droit du sternum.

A gauche de haut en bas, l'arc A'A" représente la partie visible à gauche de la crosse de l'aorte : on le nomme pour cette raison l'*arc supérieur gauche* ou *arc aortique*.

Immédiatement en dessous, nous considérons l'arc A" G qui correspondant d'abord à l'*artère pulmonaire* AP (fig. 35), ensuite à l'*oreillette gauche* ; c'est l'*arc moyen gauche*.

Puis le point G, point de séparation de l'oreillette gauche et du ventricule gauche, sur l'importance duquel nous aurons à revenir. Enfin l'*arc inférieur gauche* GG' qui n'est autre que la projection du bord externe du ventricule gauche. En G' se trouve la pointe du cœur dont les battements sont toujours très visibles à l'état normal.

Le point G qui marque la séparation de l'ombre du ventricule gauche et de l'oreillette, est un des points les plus importants à considérer en radiologie cardiaque : aux battements du ventricule qui donnent une ondulation rythmée dans un sens, correspondent des battements rythmés de l'oreillette gauche qui se font en sens contraire ; entre les deux se trouve un point neutre, théoriquement immobile qui est le point G.

Nous avons, comme tout le monde, adopté cette notification exposée pour la première fois en France par MM. Vaquez et Bordet dans leur beau livre « Le cœur et l'aorte »[1]. Mais nous différons sensiblement de ces auteurs quand nous envisageons l'importance des différents diamètres de l'ombre cardiaque.

Les contours du cœur ne présentent pas toujours un aspect aussi régulier que celui que nous avons figuré dans notre schéma n° 36. Dans l'inspiration profonde, le diaphragme s'abaisse et la pointe du cœur se détache alors de l'organe, laissant parfois entre elle et l'ombre de la coupole diaphragmatique une étroite bande claire assez appréciable.

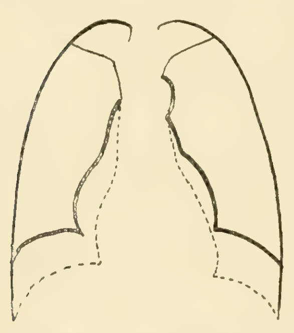


Fig. 37. — Schéma du cœur en position couchée. (En pointillé, la position debout.)

De même en position couchée : l'ombre du cœur apparaît plus globuleuse, plus ramassée sur elle-même, plus courte également (fig. 37). De même que le diaphragme paraît notablement surélevé.

Nous devons dire d'ailleurs que dans l'étude qui

1. Vaquez et Bordet. *Le cœur et l'aorte*, étude de radiologie clinique, 1913. Paris, Masson, éditeur.

va suivre, nous considérons en général le cœur en position debout. C'est en effet la seule qui soit pratique pour un examen cardiaque, car elle permet l'examen sous toutes les incidences et toutes les positions obliques. Ces positions sont analogues pour le cœur à celles que nous avons décrites pour l'examen du poumon, ce sont les différentes positions *antérieure*, *postérieure*, *obliques antérieures droite* ou *gauche* et *obliques postérieures droite* ou *gauche*, nous n'y reviendrons pas ici. Plus encore que dans le poumon, les positions obliques ont leur importance pour l'examen du cœur, elles permettent de juger des dilatations et augmentations de volume des cavités auriculaires.

B. — **Les mesures du cœur.**

Orthodiagramme du cœur. — Nous avons vu en quoi consistait la prise d'un orthodiagramme. Plus que pour n'importe quel autre organe, ce procédé d'investigation est nécessaire dans l'examen du cœur. On aura donc bien soin de suivre très exactement, à l'aide du rayon normal passant par une ouverture très réduite du diaphragme, toutes les sinuosités des contours du cœur, et de marquer point par point sur la glace de l'écran, avec un crayon spécial, les contours ainsi suivis. On aura de la sorte un tracé représentant exactement les dimensions du cœur. On relèvera en décalquant sur un papier transparent le dessin obtenu, et l'on aura ainsi une image fixe, sur laquelle on pourra prendre toutes les mesures correspondant aux différentes cavités, considérer les rapports des unes avec les autres, et établir des barèmes de cœur normaux auxquels on pourra ensuite comparer les mesures prises sur des cœurs malades.

Sur un orthodiagramme obtenu par la méthode radioscopique (nous laissons de côté la téléradio-

graphie comme peu commode à employer), un certain nombre de mesures peuvent être prises. Ce sont d'une part les mesures de la surface cardiaque, d'autre part la mesure de certains diamètres qui nous renseigneront sur l'état de dilatation ou d'hypertrophie des différentes cavités de l'organe.

Mesure de l'aire cardiaque. — Elle se fait à l'aide d'un papier millimétrique sur lequel on reporte la figure obtenue par le tracé de l'orthodiagramme; on compte ensuite le nombre de millimètres carrés inclus dans la figure. Mais on ne peut obtenir qu'un résultat approximatif, car, d'une part une partie de l'ombre du cœur disparaît au niveau du diaphragme, d'autre part, à la partie supérieure du cœur on ne saurait dissocier ce qui appartient au cœur proprement dit de ce qui appartient aux gros vaisseaux de la base. Les lignes DG, et D'G' ne sont qu'approximatives. La surface ne saurait donc être fixée d'une façon exacte.

MM. Bouchard et Balthazard ont trouvé que la surface du cœur chez l'adulte était de 89 centimètres carrés en moyenne, avec des écarts de 78^{cm^2} à 104^{cm^2} chez l'homme; chez la femme, les mêmes auteurs ont trouvé 76^{cm^2} de moyenne, avec des écarts variant de 60 à 96^{cm^2}.

Mesures des diamètres. — Il est beaucoup plus intéressant de calculer la mesure de certains diamètres, dont les extrémités peuvent être bien définies et qui correspondent en réalité à des cavités cardiaques.

Longtemps on s'est contenté de mesurer après le Professeur Moritz et après MM. Claytor et Merill, les diamètres suivants qui sont également donnés par MM. Vaquez et Bordet comme essentiels.

1) le diamètre longitudinal qui va du point D, ter

minaison supérieure de l'oreillette droite, au point G, pointe du cœur, D G′ (fig. 38).

2) le diamètre horizontal qui représente la plus grande distance qui sépare le bord droit du bord gauche du cœur ; et comme les deux points extrêmes de ce diamètre ne sont qu'exceptionnellement sur la même ligne horizontale, on mesure la plus grande distance en menant deux lignes horizontales partant des points droit et gauche les plus éloignés de la verticale médio-sternale et aboutissant à cette ligne, *h* et *h′* (fig. 38). On additionne ces deux demi-diamètres, et l'on a ainsi la ligne cherchée.

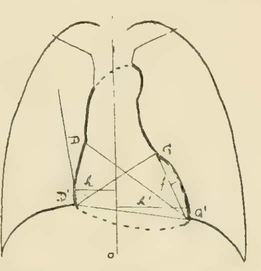


Fig. 38. — Les différents diamètres du cœur.

Ces mesures sont arbitraires : ni le diamètre longitudinal D G′, ni la somme des diamètres horizontaux *h h′* ne correspondent à une cavité définie du cœur, toutes deux mesurent en même temps au moins deux cavités ; il sera donc, par la mesure de ces lignes, impossible d'établir des rapports exacts d'une cavité à l'autre. Nous préférons la mesure des lignes indiquées par M. le Docteur Lian, qui s'est efforcé d'établir des mesures correspondant à une réalité anatomique.

Nous mesurerons donc les lignes suivantes (fig. 39) qui correspondent beaucoup plus exactement à la mesure réelle des cavités cardiaques [1].

Reportons-nous à la figure 35, la surface cardiaque qui se présente à nous en position antérieure, est surtout constituée par l'ombre du ventricule droit. Il faudrait pouvoir en mesurer le contour inférieur,

1. Lian. *Bulletin de la Société Médicale des Hôpitaux*, août 1920.

soit l'arc que son bord inférieur trace sur l'écran; mais cela est impossible car l'arc inférieur du ventricule droit est caché par le diaphragme. Nous mesurerons donc la corde qui le sous-tend, soit la ligne D'G' (fig. 39).

Cette ligne est chez l'adulte de 9 à 10 centimètres, avec une dimension extrême de 11 cm. 1/2 chez les individus très vigoureux. Toutes les fois qu'elle dépassera 11 centimètres chez un individu ordinaire, nous aurons lieu de penser à une augmentation de volume du ventricule droit.

Le ventricule gauche n'apparaît sur l'écran qu'à la bordure même de l'ombre cardiaque à gauche. Son contour GG' (fig. 39) est toujours très visible. On n'aura donc qu'à mesurer le contour même de l'arc GG' que l'on complètera par la mesure de la corde qui le sous-tend, et aussi par la flèche *f* allant normalement de cette corde au point le plus éloigné de l'arc GG' que nous appellerons *arc ventriculaire gauche*.

Cet arc varie de 7 cm. 1/2 à 8 chez les adultes moyens, il peut mesurer de 8 1/2 à 9 cm. 1/2 chez les individus de grande taille; la corde lui est de quelques millimètres inférieure car en dehors de toute hypertrophie ventriculaire gauche, l'image de cette cavité est réduite sur l'écran à une zone peu épaisse, bordant à gauche le ventricule droit.

Quant à la flèche, elle mesure de 5 à 6 millimètres exceptionnellement 9 à 10.

Toutes les fois que ces différentes mesures seront dépassées, on sera en droit de penser à une hypertrophie du ventricule gauche.

Il peut être très important de connaître le développement du ventricule droit par rapport au développement du ventricule gauche. Ce rapport, que nous appellerons l'*indice ventriculaire*, nous est donné par le quotient du nombre de centimètres que mesure la

corde ventriculaire droite par celui que mesure la corde ventriculaire gauche

$$\frac{D'G'}{GG'} = \text{indice ventriculaire.}$$

Normalement, chez l'adulte comme chez l'enfant, indépendamment de toutes considérations, de taille de poids et d'âge (et c'est ce qui fait l'importance de cet indice), le nombre trouvé est voisin de 1.20; il peut varier, quoique faiblement, mais reste presque toujours au-dessous de 1.35. Toutes les fois donc que l'indice ventriculaire sera égal ou supérieur à 1.40 on pourra conclure à une augmentation du ventricule droit par rapport au ventricule gauche.

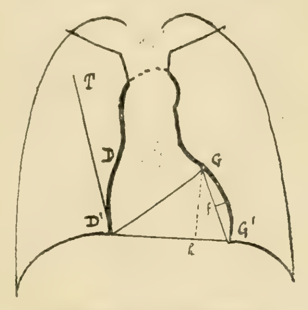


Fig. 39. — Les diamètres et dimensions du cœur utiles, d'après M. Lian.

Les moyennes des différentes mesures de cordes ou d'arcs sont si difficiles à établir chez les enfants[1] que j'ai pris pour règle de considérer avant tout chez eux l'indice ventriculaire; complétant ensuite cette indication première par les autres mesures des diamètres des cordes et des arcs ventriculaires.

Le développement total du ventricule droit pourra également se mesurer en calculant la surface triangulaire D'GG' qui correspond, ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur la figure 32, à la surface du ventricule qui se présente aux regards en position antérieure. On abaisse pour cela du point G sur la

1. Chez des enfants de même âge, les moyennes des diamètres obtenues sont excessivement variables; elles dépendent du poids, de la taille, de la capacité thoracique et probablement encore d'autres facteurs inconnus.

ligne D'G', une perpendiculaire qui représentera la hauteur du triangle ; il ne restera plus qu'à multiplier la longueur D'G', par la moitié de la hauteur G*h*. Cette surface ne doit pas dépasser chez l'homme adulte 41 centimètres carrés. Toute surface de dimensions supérieures sera synonyme d'hypertrophie ou de dilatation du ventricule droit.

L'oreillette droite doit également pouvoir se mesurer : mais la ligne DD' est difficile à préciser à cause du peu d'apparence du point D qui, chez l'adulte, est souvent impossible à marquer sur l'écran. M. Lian propose pour la mesurer l'angle que fait la ligne D'G avec une ligne D'T (fig. 39) représentant la tangente partant du point D' toujours très net, au point de la courbe auriculaire droite le plus éloigné de la ligne médiane.

Cet angle ne doit pas être supérieur à 45° chez l'adulte. Chez l'enfant, où l'oreillette droite est toujours plus saillante et plus visible, il peut être de 60 degrés sans que l'on puisse dire que l'oreillette droite soit dilatée. Il atteint souvent 75 et 80 degrés dans l'insuffisance mitrale.

Il n'a pas été établi de mesure spéciale pour l'oreillette gauche, en raison de sa faible projection sur l'écran et de la difficulté que l'on éprouve pour dissocier son ombre de celle de l'artère pulmonaire. Seules les positions obliques permettront de se rendre compte de son volume approximatif.

Nous résumerons ces quelques lignes dans le tableau suivant :

1) Arc ventriculaire gauche G G' = 7 cm. 1/2 à 8 doit être < 9.5
2) Corde ventriculaire gauche = 7 cm. à 8 doit être 9 cm.
3) Flèche ventriculaire gauche = 0 cm. 5 environ doit être 1 cm.
4) Corde ventriculaire droite = 9 à 10 cm. doit être < 11 cm.
5) Masse ventriculaire droite :
   α) Indice ventriculaire $\frac{D'G'}{G\,G'}$ = 1,20 doit être < 1,40.
   β) Surface triangulaire droite D'GG' = 40 cm^2 doit être < 41 $cm.^2$
6) Angle auriculaire droit = 40° doit être < 45°.

LE COEUR PATHOLOGIQUE

A. — Affections valvulaires mitrales.

1° **Rétrécissement mitral.** — Le rétrécissement mitral pur se caractérise à l'écran radioscopique par des signes nets que nous pouvons résumer de la façon suivante :

1° L'arc moyen gauche A″G (fig. 40) est nettement plus développé qu'à l'état normal par suite de la dilatation de l'oreillette gauche.

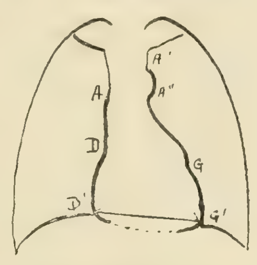


Fig. 40.
Rétrécissement mitral pur.

2° Le point G est abaissé, il est particulièrement visible dans cette affection. De ce fait le contour ventriculaire gauche GG′ paraît diminué de longueur.

On ne remarque pas d'hypertrophie de ce ventricule, la pointe du cœur revêt une forme particulièrement pointue (Destot) et se trouve fréquemment abaissée.

3° Le contour droit paraît déborder facilement le sternum et les points D et D′ semblent situés plus haut qu'à l'ordinaire.

Dans la région A″ on constate des mouvements d'expansion systoliques dus aux battements de l'artère pulmonaire.

Peu de modifications des diamètres : seule la corde ventriculaire gauche est en général courte.

Dans le rétrécissement mitral, l'oreille gauche ne pouvant se développer librement s'hypertrophie et vient s'appliquer contre la paroi thoracique. Les cavités gauches s'abaissent, et les cavités droites se remontent. C'est donc un mouvement de bascule qui se produit.

La dilatation de l'oreillette gauche est confirmée par l'examen oblique : on voit une saillie à la partie supérieure de l'ombre cardiaque masquer la région moyenne de l'espace clair pré-vertébral. Et quand la dilatation est accusée, cette saillie arrive jusqu'au contact de l'ombre vertébrale.

Insuffisance mitrale. — Les signes radiologiques de l'insuffisance mitrale sont nets, bien marqués et concordent rigoureusement avec la physiologie pathologique de cette affection.

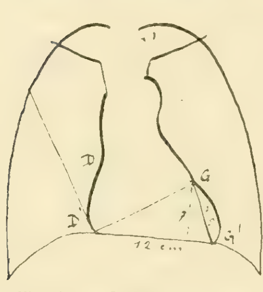


Fig. 41. — Insuffisance mitrale légère.

Le premier signe consiste dans l'hypertrophie du cœur droit : par conséquent l'oreillette droite déborde largement le sternum et la longueur de la corde ventriculaire droite D'G' est supérieure à la normale (fig. 41).

Au début le ventricule gauche n'est pas hypertrophié, on n'observe par conséquent pas d'augmentation de longueur du contour gauche GG' et la corde qui sous-tend cet arc est sensiblement normale. De ce fait l'indice ventriculaire $\frac{D'G'}{GG'}$ est toujours très fort : on le voit atteindre 1.50, 1.60, 1.80 et dans plusieurs cas je l'ai trouvé supérieur à 2 (voir fig. 42).

L'aspect général du cœur est transverse, et le diamètre transversal l'emporte toujours sur le diamètre longitudinal (Vaquez et Bordet). La surface triangulaire D'GG' représentant l'aire du ventricule droit, est toujours supérieure à la normale.

Plus tard, lorsque le ventricule gauche s'hypertrophie à son tour, on voit le point G remonter, le contour ventriculaire gauche s'accentuer, se bomber.

Le cœur prend alors un aspect plus globuleux. Comme le point G est remonté, la corde ventriculaire gauche grandit ; de ce fait le rapport ou l'indice ventriculaire diminue et se rapproche de la normale ; mais ce fait, qui pourrait être l'origine d'une fausse interprétation, est corrigé par l'augmentation qui devient alors considérable, de la surface triangulaire D'GG', qui montre une augmentation globale des deux ventricules, et qui ne peut prêter à confusion, surtout lorsque le malade a été régulièrement suivi tant au point de vue clinique que radiologique.

Il est particulièrement intéressant de suivre l'évolution de l'insuffisance mitrale chez les enfants où le cœur s'hypertrophie si vite et si facilement. La figure 42 montre une endocardite mitrale chez un enfant de trois ans et demi consécutive à une attaque de rhumatisme articulaire aiguë, et dont les cavités droites atteignent vraiment des dimensions exorbitantes, sans que le cœur gauche participe d'une façon excessive à cette hypertrophie. Le point G étant assez bas, et le contour ventriculaire gauche peu augmenté, par contre la corde ventriculaire droite atteignait 12 cm. 7. L'indice ventriculaire, énorme, était de 2 cm. 70, et la surface ventriculaire droite de 29 cm² 21.

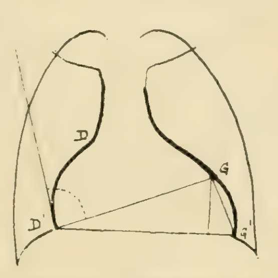


Fig. 42. — Endocardite mitrale très développée chez un enfant de 3 ans 1/2.

L'oreillette droite très dilatée également faisait largement saillie à droite, et l'ensemble de l'ombre cardiaque était si considérable qu'elle emplissait la plus grande partie de la cavité thoracique inférieure.

Toutes les insuffisances mitrales ne présentent pas cet aspect massif. Il s'en rencontre qui n'ont pas

pour origine une lésion endocardique initiale, mais au contraire sont en rapport avec un état d'hypertension générale, ce sont des insuffisances mitrales dites fonctionnelles, auxquelles est souvent liée une hypertrophie notable du ventricule gauche. Dans ces formes, les signes radiologiques existent également et souvent fixent le diagnostic, alors que la clinique peut parfois hésiter sur la nature du souffle systolique de la pointe.

Les positions obliques fournissent un signe confirmatif de la dilatation des cavités droites. L'oreillette droite fait saillie dans l'espace clair pré-vertébral et masque parfois complètement cet espace dans sa moitié inférieure.

Maladie mitrale. — L'association de l'insuffisance et du rétrécissement mitral ou « maladie mitrale » est caractérisée par un mélange des symptômes des deux affections : exagération de la courbe de l'arc moyen gauche caractéristique de la dilatation de l'oreillette gauche ; contour droit exagéré ; point G abaissé ; augmentation de l'indice ventriculaire et de la corde ventriculaire droite (fig. 43). Mais la pointe du cœur est globuleuse au lieu d'être pointue ; dans l'espace clair prévertébral, les deux oreillettes dilatées font saillie l'une au-dessous de l'autre, l'oreillette gauche visible au-dessus de la droite, et masquant presque complètement la bande claire de l'espace en question sauf à sa partie supérieure où il est en avant en rapport avec l'aorte.

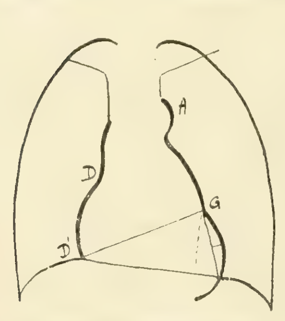


Fig. 43. — Maladie mitrale.

La position la plus favorable pour examiner les

oreillettes dans l'espace clair prévertébral paraît bien être la position oblique *postérieure* droite. C'est elle que recommandent MM. Vaquez et Bordet, et cela est exact chez l'adulte, encore que, dans la position oblique antérieure droite, l'oreillette droite se détache avec assez de netteté. Mais chez les enfants où le cœur est beaucoup plus médian que chez l'adulte la position oblique antérieure droite doit être préférée. Le cœur s'éloigne moins des yeux de l'observateur et son ombre n'ayant pas la densité de celle de l'adulte, aucun moyen ne doit être ménagé pour s'assurer une bonne visibilité.

B. — Les affections valvulaires aortiques.

Insuffisance aortique. — Les caractéristiques de l'image radioscopique que l'on observe dans l'insuffisance aortique d'origine endocardique sont les suivantes : elles indiquent l'augmentation de volume du ventricule gauche.

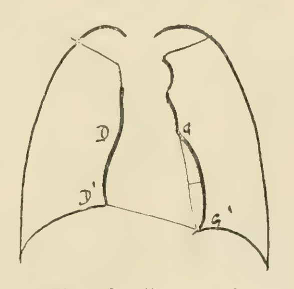


Fig. 44. — Insuffisance aortique compensée.

Le cœur paraît vertical et médian ; le contour gauche GG' est plus accentué, plus bombé, qu'à l'état normal et le point G est surélevé. Par contre nous n'observons pas d'augmentation de volume du cœur droit, la ligne DD' est normale et la corde ventriculaire droite D'G' n'est pas augmentée (fig. 44).

Il s'en suit que l'indice ventriculaire au lieu d'être augmenté est diminué ; il égale alors 1,20 et souvent 1,15 et 1,10 et quelquefois moins encore. Nous l'avons vu être inférieur à l'unité. La flèche de l'arc ventriculaire gauche atteint 15 à 20 millimètres.

Outre ces signes évidents d'hypertrophie ventriculaire gauche, MM. Vaquez et Bordet recommandent d'examiner le malade en position postérieure, puis de le faire tourner sur son côté droit et de noter l'angle sous lequel la pointe du cœur, qui se voit bien à gauche, disparaît derrière l'ombre de la colonne vertébrale. Pour un ventricule normal cet angle ne doit pas dépasser 35° ; dans les ventricules gauches hypertrophiés, il atteint 45, 50 et même 55 degrés.

Ces mesures se prennent avec l'instrument de MM. Vaquez et Bordet appelé *goniomètre* ; nous y avons substitué une plate-forme tournante, graduée, qui permet plus facilement la mesure de l'angle de rotation. Mais ce sont là, il faut le reconnaître, des procédés peu sûrs, et le calcul de l'indice ventriculaire, qui peut être fait très méthodiquement, donne des renseignements plus précis sur l'hypertrophie des ventricules. Les deux méthodes peuvent d'ailleurs se compléter utilement.

Nous ajouterons pour compléter cet ensemble, que les battements du ventricule gauche sont toujours amples et forts, de même d'ailleurs que ceux du ventricule droit qui sont beaucoup plus apparents grâce à la position plus médiane et plus verticale du cœur.

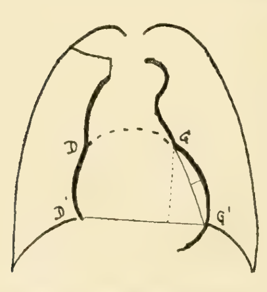


Fig. 45. — Insuffisance aortique d'origine artérielle.

Dans l'insuffisance aortique d'origine artérielle (maladie de Hogdson), on retrouve les mêmes caractères que précédemment, mais ils sont plus accentués, et surtout ils sont accompagnés de modifications de volume de l'aorte, qui se présente à l'écran dilatée et animée de battements très visibles. La figure 45 en montre assez nettement les caractères :

contour gauche allongé et bombé ; pointe arrondie et abaissée ; base de l'aorte dilatée, animée d'amples battements ; indice ventriculaire faible, et flèche de la corde G G' assez forte.

Le rétrécissement aortique. — Le rétrécissement aortique se signale par les mêmes caractères généraux que ceux de l'insuffisance ; mais l'aorte n'est généralement le siège d'aucune lésion. Ce qui frappe avant tout, c'est le développement considérable du ventricule gauche.

L'hypertrophie ventriculaire gauche peut aboutir en fin de compte à l'hypertrophie des cavités droites ; on a alors l'aspect radiologique d'un cœur augmenté dans toutes ses dimensions : une flèche ventriculaire gauche qui peut dépasser deux centimètres.

Les lésions d'insuffisance et de rétrécissement aortiques sont souvent associées, et en présence de l'hypertrophie considérable des ventricules et surtout du ventricule gauche, on pourra conclure à la coexistence simultanée des deux affections par la constatation de la dilatation de l'aorte.

Hypertension artérielle et néphrites chroniques. — L'hypertrophie ventriculaire n'est pas toujours le signe d'une lésion aortique ou mitrale. Un obstacle quelconque apporté au cours de la circulation générale peut obliger le cœur à un effort plus grand, et secondairement amener une hypertrophie du ventricule gauche. Le fait est fréquent dans l'hypertension artérielle et dans la néphrite chronique. Dans le premier cas, les artères ayant perdu leur souplesse, ne se laissent plus distendre par l'ondée sanguine ; elles opposent par conséquent à la circulation une résistance qui a pour effet d'augmenter le travail du cœur : De même dans la néphrite

chronique, ou mal de Bright, où l'obstacle circulatoire est constitué par la sclérose plus ou moins accusée du rein. Il est fréquent de rencontrer chez les individus d'un certain âge, l'hypertension artérielle associée au mal de Bright; mais dans quantité d'autres cas, la néphrite existe seule. C'est le cas chez les enfants, dans toutes les néphrites qui suivent les maladies infectieuses et en particulier la scarlatine. Il nous a même été donné de voir des néphrites chroniques chez des enfants donner lieu à des hypertrophies cardiaques considérables : mais on ne trouve jamais chez eux de dilatation de l'aorte comme chez les adultes (fig. 46).

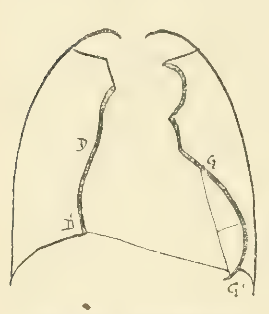


Fig. 46. — Hypertrophie du cœur chez un Rénal avec hypertension.

Lorsque le cœur ne peut plus supporter la charge qui lui incombe et qu'il arrive à la période asystolique, sa dilatation devient alors extrême : à gauche la pointe atteint la paroi thoracique, l'orthodiagramme montre une image dont le diamètre transversal dépasse parfois 22 centimètres, et le cœur droit dilaté déborde de 6 ou 7 centimètres le bord sternal. Les oreillettes masquent tout l'espace clair rétro-cardiaque et la pointe ventriculaire gauche ne disparaît derrière l'ombre de la colonne vertébrale que sous un angle très supérieur à la normale (plus de 50°).

C. — Lésions congénitales du cœur.

Il ne faudrait pas s'illusionner sur la valeur des signes radiologiques des lésions congénitales du cœur. Encore chez l'adulte, lorsqu'on les rencontre,

arrive-t-on à tracer facilement un orthodiagramme, mais c'est chez les enfants que ces lésions se rencontrent le plus souvent, et chez les enfants du premier âge. Chez ces derniers, le tracé régulier d'un orthodiagramme est presque impossible, et pour deux raisons : la difficulté d'obtenir l'immobilité nécessaire, et le peu de netteté des caractères et des contours de l'ombre cardiaque.

Néanmoins, tant chez les adultes que chez des enfants du second âge, chez des nourrissons même en ayant recours à des procédés d'immobilisation aussi complète que possible, nous sommes arrivés, après bien d'autres auteurs d'ailleurs, à nous faire une idée assez nette de l'aspect radioscopique des lésions congénitales du cœur.

Nous allons décrire en quelques lignes, les cas les plus fréquemment observés.

Rétrécissement de l'artère pulmonaire avec communication interventriculaire. — Cette affection a surtout pour elle ses signes cliniques. En radioscopie, on constate d'abord une augmentation de volume du cœur droit, portant surtout sur le ventricule, qui est due à la communication entre les deux ventricules, et en second lieu une saillie très exagérée de l'arc moyen gauche correspondant à une dilatation de l'artère pulmonaire et en rapport avec le foyer d'un des souffles que révèle l'auscultation (fig. 47).

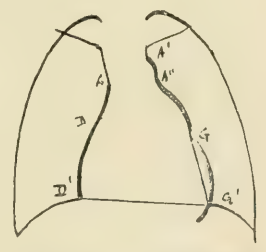


Fig. 47. — Rétrécissement pulmonaire et communication inter-ventriculaire.

Le contour gauche est normal, et en position oblique antérieure droite on constate une saillie

exagérée en avant de l'ombre cardiaque, dans l'espace clair rétro-sternal.

Quand le rétrécissement de l'artère pulmonaire est simple et n'est pas accompagné de communication interventriculaire, l'écran radioscopique montre toujours bien la dilatation de l'arc moyen gauche et la dilatation du ventricule droit, mais il est fréquent de voir la pointe du cœur se relever et l'organe affecter la forme dite en « sabot ».

Quand, au contraire, il n'y a pas de rétrécissement pulmonaire, la communication interventriculaire seule se manifeste à l'écran par une augmentation globale de volume du cœur qui prend une forme arrondie (cœur en melon), sans saillies des arcs. Les contours droit et gauche sont anormalement développés ; chez les petits enfants le cœur a l'air d'envahir toute la poitrine.

Mais nous ne saurions trop le répéter, ces affections peuvent exister sans modifications appréciables du volume du cœur, et la radioscopie dans tous ces cas ne fait qu'ajouter un document à l'histoire clinique de la maladie.

Les autres affections congénitales du cœur, rétrécissement aortique, ectopie cardiaque, inversion totale des viscères, etc... sont des cas rarissimes qui n'offrent qu'un intérêt purement documentaire.

D. — Les péricardites.

Deux groupes de symptômes radioscopiques caractérisent les affections du péricarde :

1° les signes d'épanchement séreux entre les feuillets de la séreuse ;

2° les signes de symphyse cardiaque et d'adhérences péricardiques (Vaquez et Bordet).

Les signes des épanchements péricardiques sont les suivants : on constate d'abord une *augmentation*

globale de l'ombre cardiaque. Cette augmentation est parfois considérable. Son maximum est à la partie

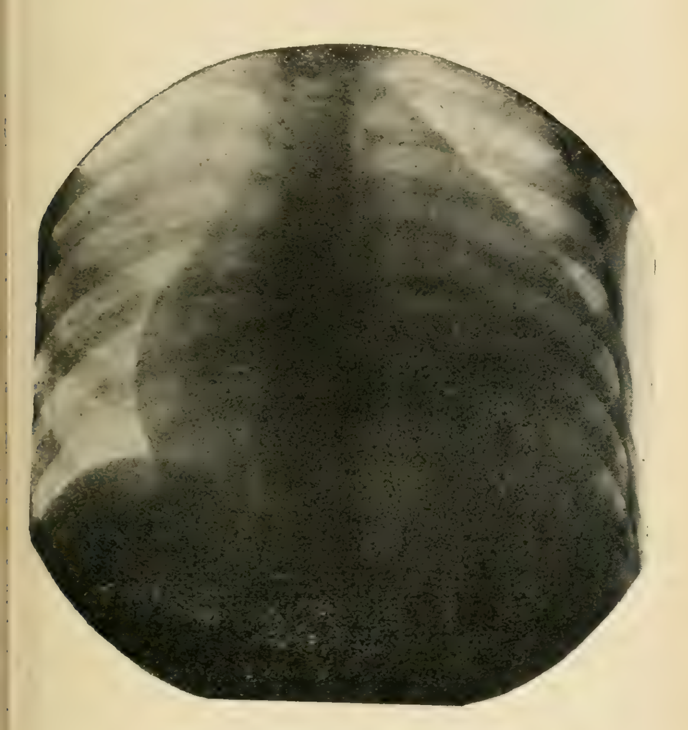


Fig. 48. — Aspect du cœur dans la péricardite.
(Enfant de 11 ans).

inférieure du cœur, au niveau du diaphragme, où le diamètre horizontal atteint des dimensions extrêmes ; il est fréquent de voir le contour gauche inférieur venir en contact de la paroi thoracique externe (fig. 48).

Cette ombre revêt une forme globuleuse arrondie à pédicule vasculaire court. Les encoches que l'on remarque sur les cœurs normaux disparaissent et le point G entre autres est très difficile à déterminer, sinon impossible.

Les battements de la pointe enfin sont toujours très affaiblis; ils disparaissent même parfois complètement.

La coexistence de ces trois symptômes permet l'affirmation à peu près certaine de la péricardite (Béclère). L'examen à l'écranpermettra en outre de se rendre compte de l'évolution de l'affection en comparant les orthodiagrammes obtenus les uns avec les autres, par une observation périodique et régulière.

Symphyse cardiaque et adhérences péricardiques. — On désigne par le terme de symphyse cardique, l'adhérence des deux feuillets du péricarde, ainsi que l'adhérence de la face externe du péricarde aux organes voisins.

Guéneau de Mussy prétendait autrefois que chez l'enfant toute dilatation cardiaque était liée à un état plus ou moins complet de symphyse. La radioscopie, nous l'avons vu maintes fois au cours des lignes précédentes, est venue manifestement contredire cette conception. Voyons donc maintenant quels seront les signes radioscopiques de la symphyse cardiaque.

Les adhérences péricardiques sont décelables à l'écran ; mais il est indispensable d'éliminer par une observation rigoureuse tous les symptômes, aussi minimes soient-ils, qui pourraient égarer le diagnostic : il faut serrer de très près le diagnostic différentiel et commencer par tenir compte de l'examen général des champs pulmonaires; les moindres traces de sclérose pulmonaire devront être relevées avec soin, surtout les scléroses partielles à type diaphragmatique, si souvent tangentes à l'ombre cardiaque.

Nous avons vu également, en étudiant les symptômes radiologiques de la tuberculose pulmonaire, que cette affection pouvait donner lieu à une diminution d'amplitude des mouvements du diaphragme et à des troubles dans l'élasticité du poumon, phénomènes qui font partie du tableau symptomatologique des péricardites. Il faudra donc rechercher avec soin les autres signes de la tuberculose afin de l'éliminer.

L'examen de la plèvre aura également une importance capitale : signes d'épanchements légers, signes de symphyse, obscurité des sinus, troubles de la cinématique diaphragmatique, tout cet ensemble devra être écarté après sérieuse observation. De même les ombres médiastinales dont l'examen permettra d'éliminer les tumeurs du médiastin.

Le volume du cœur sera relevé avec soin et ses contours particulièrement étudiés : la présence de dentelures irrégulières, de festons légers, sera un signe positif de symphyse péricardique ; il faut y joindre l'efficacement des *sinus cardio-diaphragmatiques* (Béclère), petits triangles clairs qui marquent le point de jonction des contours du cœur avec le contour diaphragmatique, et qui augmentent beaucoup dans l'inspiration profonde. Ils disparaissent complètement en cas de symphyse du péricarde. Ce signe est d'ailleurs de peu de valeur en raison des différents états pathologiques qui peuvent masquer ces petits sinus.

Les mouvements de la pointe du cœur peuvent être gênés au point de devenir invisibles, ou de ne plus être solidaires des mouvements du diaphragme; les contours mêmes du cœur peuvent être immobilisés, et dans la position oblique l'espace rétro-sternal est réduit au point que le cœur paraît collé à la paroi antérieure du thorax.

La radioscopie peut encore renseigner sur le siège des adhérences. Quand ces dernières siègent à la base

du cœur, on constate des ombres irrégulières dentelées au niveau de la partie supérieure des contours, ainsi que l'immobilité dans les déplacements latéraux et dans les déplacements respiratoires, la pointe du cœur et ses battements demeurant visibles.

A la pointe, au contraire, les adhérences amènent son immobilisation qui est absolue dans le sens latéral et presque absolue dans le sens vertical, et les sinus cardio-diaphragmatiques disparaissent.

D'une façon générale, les mouvements du diaphragme sont diminués d'amplitude, mais ce signe se rencontre dans un si grand nombre d'affections qu'il ne peut acquérir de valeur qu'en l'absence de toute affection pleurale ou pulmonaire.

E. — L'aorte.

Vue en position frontale ou antérieure, l'aorte est représentée par l'ombre qui surmontant l'oreillette droite, se dirige obliquement en haut et en dedans, disparaît derrière l'ombre sternale pour reparaître à gauche, à peu de distance en dessous de l'angle sterno-claviculaire et décrire une courbe à convexité dirigée en dehors et en arrière, avant de disparaître complètement dans la partie profonde et médiane du médiastin.

La portion située à droite est constituée par la portion ascendante du vaisseau, et la demi-lune située à gauche et en haut de l'ombre médiane est constituée par la crosse aortique (fig. 49).

Dans la partie immédiatement supérieure au point D, on peut fixer une légère portion de l'ombre ascendante comme constituée par l'ombre de la veine cave supérieure (DC*a*), mais la plus grosse partie du contour droit du pédicule cardiaque est constituée par l'aorte ascendante [1].

1. Les travaux récents de Robert Chaperon (Thèse de Paris, 1922, Masson, édit.) semblent bien prouver que l'aorte ascen-

L'hémi-cercle aortique gauche A' A" toujours bien marqué chez l'adulte, commence normalement en haut à un ou deux centimètres au-dessous de l'angle sterno-claviculaire, qui, sauf les cas d'ectasie manifeste de l'aorte n'est jamais atteint par le vaisseau.

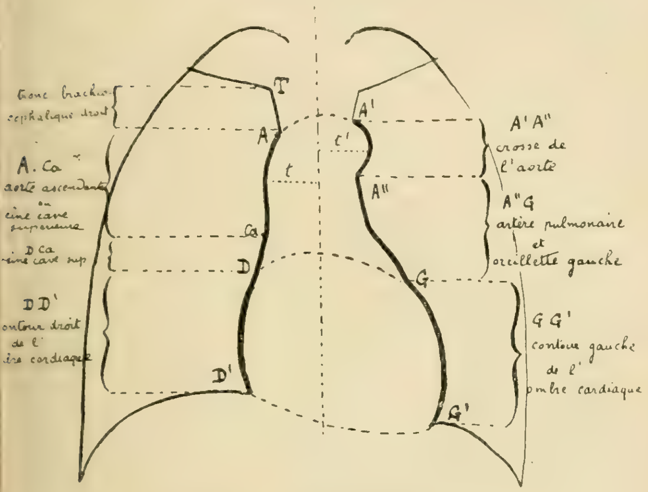


Fig. 49. — Les contours vasculaires.

dante n'est que rarement visible au niveau de l'arc supérieur droit, cet arc DA (fig. 49) serait constitué par la projection de la veine cave supérieure.

Ce vaisseau, en rapport étroit avec l'aorte ascendante, paraît souvent animé de battements qui ne seraient que des battements communiqués du tronc aortique.

Le point D serait le point où le tronc veineux s'abouche dans l'oreillette droite. La ligne oblique AT qui du point A rejoint l'extrémité interne de la clavicule serait le tronc brachio-céphalique droit, et la ligne pointillée A A' la projection du tronc brachio-céphalique gauche.

L'auteur appuie ces conclusions sur une expérimentation anatomo-radiologique importante faite sur le cadavre.

Il paraît bien difficile de les contredire.

Chez l'enfant, la crosse de l'aorte est à peu près invisible et ne devient guère apparente avant la douzième année.

Les mensurations que l'on peut effectuer sur l'aorte en position antérieure sont fatalement un peu arbitraires. Le contour gauche de l'aorte ascendante est en effet complètement caché par le sternum; on pourra néanmoins mesurer les deux demi-diamètres transversaux *t* et *t'* (fig. 49) dont la somme constituerait le diamètre transverse, un peu conventionnel, du vaisseau. On peut également mesurer la longueur de la corde qui sous-tend l'arc supérieur A' A"; mais la véritable mesure du diamètre transverse doit se faire en position oblique antérieure droite, où l'aorte ascendante se détache nettement en une ombre sombre qui se distingue très bien de l'ombre beaucoup moins nette et moins visible de l'aorte descendante.

Les mensurations que l'on peut effectuer sur l'aorte sont donc celles du diamètre transversal en position oblique, le malade étant debout, et qui varie de 1 cm. 5 à 2 centimètres pour les jeunes gens de seize à vingt ans, et de 2 à 3 centimètres pour les adultes de trente à soixante ans.

On peut mesurer ainsi la somme des diamètres transversaux en position antérieure $t + t'$ fig. 49) et qui varie chez un individu normal de trente à quarante ans dans les proportions de 5 à 7 centimètres. Chez les adultes plus âgés, la somme des deux demi-diamètres transversaux peut atteindre 8 centimètres.

La corde qui sous-tend l'hémi-cercle aortique gauche A' A" varie chez l'adulte de 2 cm. 5, à 4 centimètres.

Ces deux dernières mensurations doivent être faites en position antérieure, le malade couché sur la table d'examen. En examen debout les dimensions sont un peu moindres.

Il faut avoir soin d'observer tout particulièrement, dans un examen de l'aorte, les battements qui doivent

se produire dans la portion ascendante à droite et dans la région de la crosse à gauche du sternum. Dans l'aortite ou l'athérome, ils ont tendance à disparaître.

Il faut aussi comparer avec soin la teinte de l'ombre qui est en général moins foncée que la teinte de l'ombre cardiaque, surtout au niveau des ventricules. Cette teinte peut, en effet, s'assombrir et se couvrir de taches irrégulières plus sombres dans l'athérome où l'on trouve sur la paroi du vaisseau des plaques athéromateuses, plus ou moins calcifiées.

Les contours enfin doivent être bien nets, régulièrement curvilignes, sans saillies irrégulières ni coudes brusques.

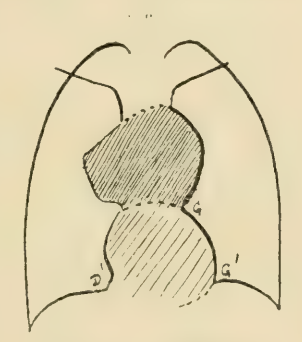


Fig. 50. — Volumineux anévrisme de l'aorte. (D'après Vaquez et Bardet.)

Dans les cas d'aortite, lorsque le diagnostic clinique est évident, les signes radiologiques sont de peu de secours, mais lorsque, comme c'est souvent le cas, le diagnostic est hésitant, la radioscopie peut rendre les plus grands services. Elle montre une augmentation globale et souvent considérable des trois diamètres dont nous avons parlé ; la diminution progressive des battements vasculaires qui finissent par devenir imperceptibles ; et les contours qui au lieu d'être régulièrement curvilignes, atteignent une direction plus ou moins parallèle, en même temps que le niveau de la crosse est un peu élevé, trahissant ainsi une dilatation.

Dans les anévrismes de l'aorte, l'image est caractéristique et tranche le diagnostic d'une façon évidente. L'on voit au-dessus de l'ombre cardiaque, une grosse image du pédoncule vasculaire avec poche irrégulière (fig. 50) masquant toute l'ombre médias-

tinale, la débordant des deux côtés et faisant nettement saillie, en position oblique dans l'espace clair rétro-cardiaque.

Cette poche aortique est donc développée dans les deux sens, et animée de battements plus ou moins considérables suivant les cas.

La radiologie tranche encore nettement le diagnostic de localisation de la poche anévrismale, laquelle fait une saillie marquée à droite du sternum dans les cas de poche de l'aorte ascendante, qui au contraire fait saillie en haut, au-dessus de la fourchette sternale et déborde à gauche dans l'angle sterno-claviculaire en cas d'anévrisme de la crosse aortique, alors qu'on ne constate presque rien à droite du sternum.

Dans l'anévrisme de la portion descendante de l'aorte, l'hémicercle aortique gauche est anormalement développé, la corde devient très longue et peut atteindre huit centimètres. En oblique, l'aorte ascendante est refoulée vers la paroi thoracique, et l'on perçoit une ombre floue, volumineuse, envahir l'espace clair rétro-cardiaque dans sa partie supérieure.

CHAPITRE III

Radioscopie du tube digestif.

Il est impossible d'observer directement le tube digestif : la cavité abdominale vue à l'écran n'offre pas de régions où la densité de certains tissus soit tellement différente des voisins qu'ils offrent à l'observateur des ombres d'opacité différentes, comme cela s'observe dans la cavité thoracique. Force nous est donc de suppléer par un moyen artificiel à l'insuffisance de nos méthodes d'investigations.

Deux moyens peuvent être employés à cet effet : le premier consiste à faire absorber au sujet une substance opaque inoffensive dans le but de mouler la cavité intérieure de l'organe qu'on veut examiner (estomac, intestin) et de le différencier ainsi nettement des tissus voisins.

Le second consiste au contraire à augmenter leur transparence par un procédé quelconque (insufflation de gaz ; potion de Rivière) afin de dissocier des ombres confluentes et confuses.

La première méthode, qui consiste à *opacifier* les organes que l'on veut examiner, a des applications plus nombreuses que la seconde qui consiste à les illuminer davantage.

On emploie généralement pour augmenter l'opacité des organes du tube digestif, un produit insoluble, de poids atomique assez élevé, et dont l'innocuité a été reconnue absolue.

Le sulfate de Baryum chimiquement pur répond à ces desiderata. Produit insoluble et stable, il ne peut se décomposer qu'à plus de 300 degrés en présence de l'acide sulfurique. Il traverse donc l'organisme sans y subir la moindre modification. Inabsorbable, il est donc inoffensif; mais il doit être débarrassé de toute trace d'impuretés. Le sulfate de baryte du commerce contient souvent des quantités appréciables de carbonate de baryte, sel extrêmement vénéneux, ou d'arsenic, produit qui ne l'est pas moins. Il conviendra donc de bien désigner l'emploi que l'on veut faire du sulfate de baryte et de formuler par exemple de la façon suivante :

« Sulfate de baryte chimiquement pur », pour l'examen radioscopique de l'estomac — usage interne — 150 grammes.

Ce sel doit être finement pulvérisé, mélangé à une potion gommeuse ou à du sirop de sucre, de manière à obtenir une suspension durable. Son poids atomique assez élevé (137) le rend suffisamment opaque aux rayons X pour assurer une excellente visibilité des organes qui en sont imprégnés.

On employait beaucoup avant la guerre, et quelques spécialistes emploient encore aujourd'hui, le carbonate de bismuth qui, étant d'un poids atomique plus élevé (208), donnait une opacité un peu supérieure. Mais son prix est aujourd'hui tellement élevé qu'il est devenu prohibitif, et que le sulfate de baryte est presque exclusivement employé.

Pour examiner l'estomac par exemple, on fait généralement prendre un lait opaque (lait de baryte). On émulsionne 150 grammes de sulfate de baryum dans du sirop de sucre ou de gomme que l'on étend ensuite d'eau de manière à former un volume de 200 à 300 centimètres cubes.

Pour l'étude de la traversée digestive, il est pré-

férable d'incorporer le sel opaque à une bouillie alimentaire (purée de féculents, bouillie de semoule, de farine ou de riz).

Enfin il est souvent nécessaire d'imprégner rapidement tout le gros intestin : on donnera alors un lavement opaque de 250 grammes de sulfate de baryte convenablement émulsionné et étendu de manière à former un litre de liquide environ. Nous reviendrons sur ce sujet en étudiant la radioscopie de l'intestin.

Pour l'examen du tube digestif, il faut surtout avoir recours à la radioscopie : toutes les phases de la digestion devant être étudiées, la mobilité, les changements d'attitude, les contractions des organes devant être l'objet d'observations attentives, la radiographie ne saurait satisfaire à ces desiderata. Elle ne peut avoir qu'un intérêt documentaire pour fixer une image précise vue à un moment donné, elle ne saurait constituer un procédé unique et complet d'examen du tube digestif.

A. — OESOPHAGE

I. — Aspect normal.

L'aspect normal de l'œsophage ne peut nous être révelé qu'en position oblique : l'espace clair rétro-cardiaque, dont nous avons maintes fois parlé, est en effet occupé par l'œsophage sur toute sa longueur. Dans ces deux tiers supérieurs, il est doublé en avant de la trachée et de la ramification bronchique.

On met l'œsophage en évidence en y introduisant une sonde remplie d'une substance opaque. On constate que cette sonde suit les contours de l'organe légèrement convexe en avant et à droite dans sa partie inférieure.

Une bouillie opaque épaisse nous renseigne sur les

points rétrécis du conduit œsophagique, lesquels sont au nombre de quatre

1) *le point cricoïdien* au niveau de son extrémité supérieure ;

2) *le point aortique*, six à sept centimètres plus bas, au niveau du point de croisement de la crosse de l'aorte ;

3) *le point bronchique*, en dessous, au niveau de la cinquième vertèbre dorsale, dû à la pression de la bronche gauche sur la partie antérieure de l'œsophage ;

4) *le point sus-diaphragmatique* immédiatement au-dessus du cardia.

Il y a toujours un temps d'arrêt dans la progression de la bouillie opaque au niveau des points rétrécis. Ces temps d'arrêt sont encore plus marqués si l'on fait prendre, au lieu de bouillie, des capsules de gélatine remplies de bismuth, constituant des bols demi-durs.

La traversée de ces derniers dure environ de sept à dix secondes.

II. — Aspect pathologique.

La radioscopie nous renseigne d'une façon claire et précise sur les affections du conduit œsophagien :

L'*atonie de l'œsophage* (Holzknecht et Olbert) est révélée par la progression lente et difficile des bols opaques même de petit volume ; par la division en plusieurs segments de la colonne opaque que constitue normalement l'ingestion de la bouillie au sulfate de baryte, qui se fixe aux parois de l'organe et qu'on ne peut détacher qu'en faisant absorber quelques gorgées d'eau.

Les *déviations de l'œsophage*, révélées par la sonde, sont généralement consécutives aux déviations globales du médiastin sous l'influence d'une sclérose pulmonaire, ou produites par la compression d'une

tumeur d'origine aortique, trachéo-bronchique ou médiastine, ou d'un abcès de la colonne vertébrale.

Les *sténoses œsophagiennes*, ou rétrécissement du calibre de l'organe, ont généralement pour cause soit une ingurgitation de liquide caustique qui produit une cicatrice oblitérante, soit un spasme d'origine névropatique, soit enfin la présence d'une tumeur cancéreuse de l'organe.

Dans les cas de rétrécissement cicatriciel, il convient de pratiquer l'examen avec une préparation opaque fluide. On verra alors le liquide s'accumuler au-dessus du rétrécissement dont le siège sera ainsi facilement déterminé. Puis ce liquide s'effilera à sa partie inférieure comme un entonnoir dont la lumière plus ou moins importante laissera passer plus ou moins rapidement le liquide. Il y a généralement dilatation au-dessus de la partie rétrécie.

Quand le rétrécissement est d'origine cancéreuse, les mêmes phénomènes s'observent, mais la dilatation qui siège au-dessus de la lésion est en général plus cylindrique, alors qu'elle est conique, en forme d'entonnoir dans les sténoses cicatricielles.

Dans les cas de rétrécissements spasmodiques, l'image radioscopique, qui peut être la même que dans les cas précédents, est inconstante : elle peut disparaître brusquement sans cause apparente ; d'où la nécessité de répéter et de prolonger les examens. Elle cède assez facilement aux antispasmodiques, dont le meilleur est l'injection sous-cutanée de sulfate d'atropine (un demi-milligramme à un milligramme).

La dilatation de l'œsophage (Bensaude et Rivet) qui s'observe assez rarement en dehors des causes signalées ci-dessus, mais qui existe cependant isolément (dilatation idiopathique), siège le plus souvent à la partie inférieure de l'organe. Elle se manifeste à l'écran par une ombre élargie que produit la bouillie opaque étalée dans l'organe dilaté.

On doit faire rentrer dans l'étude des dilatations de l'œsophage, l'étude des diverticules que peut présenter cet organe, et qui s'accompagnent en général de troubles sérieux de la déglutition.

Ils siègent le plus souvent en haut et en arrière sur la ligne médiane et se manifestent par la dysphagie et de la régurgitation spontanée. La radioscopie nous renseigne souvent d'une façon très exacte, à condition que la bouillie opaque pénètre dans le cul de sac œsophagique (d'où nécessité de répéter l'examen plusieurs fois en cas d'insuccès). Elle nous montre alors une ombre à contour inférieur circulaire en forme de bourse et qui n'est pas modifiée par l'ingestion de nouvelles quantités de lait opaque.

Malgré cela, le diagnostic est souvent douteux, et il sera bon de le combiner avec d'autres méthodes d'examen dont le cathétérisme et l'œsophagoscopie.

Le cancer de l'œsophage peut se compliquer parfois d'une fistule œsophago-bronchique. Le fait, quoique rare, a été observé (Desternes, Jaugeas) ; le lait opaque peut se répandre alors dans les voies respiratoires et y déterminer des accidents : il se répand dans les arborisations bronchiques supérieures où le radiologiste le perçoit très bien même en position directe antéro-postérieure.

Les corps étrangers de l'œsophage, introduits accidentellement, sont d'observation courante (pièce de monnaie, billes, cailloux, épingles, portions de ratelier, etc...). Si le corps étranger est de volume suffisant, il ne franchit pas les points rétrécis de l'organe, et s'arrête soit à l'un ou à l'autre, au niveau du cricoïde le plus souvent. L'extraction sous l'écran en est assez facile.

Mais si le corps étranger est d'origine organique (arête de poisson, fragment osseux) ou d'une substance transparente (boulette de papier, morceau de bois, etc...) la radioscopie ne le révèle pas, et il faut

user d'un artifice. On fait avaler au malade une bouchée de pain humide, imprégnée de bouillie opaque. Le point d'arrêt constaté à l'écran permet de repérer le corps étranger et de pratiquer ensuite son extraction avec plus de facilité.

B. — L'ESTOMAC

Comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, il est nécessaire, pour examiner l'estomac aux rayons X, d'emplir sa cavité d'une émulsion ou d'une bouillie opaque, afin de bien différencier l'organe lui-même de l'ombre diffuse voisine au milieu de laquelle il est à peu près invisible sans cet artifice.

On peut pour cela formuler l'émulsion suivante[1] :

Sulfate de baryum chimiquement pur	150 grammes
Sucre en poudre.	40 —
Gomme adragante	1.50

le tout finement pulvérisé et mélangé au mortier.

Cette poudre est émulsionnée dans 200 grammes d'eau au moment de s'en servir et constitue ainsi un breuvage facile à prendre, qui n'est pas désagréable au goût, se maintient parfaitement en suspension, moule très bien la cavité gastrique, est d'une opacité largement suffisante et d'un prix de revient relativement faible.

Il peut être utile, avant de faire prendre l'émulsion opaque, de faire avaler au sujet un cachet contenant deux ou trois grammes de sulfate de baryte ; on aura également à sa disposition une certaine quantité de carbonate de bismuth finement pulvérisé et mélangé intimement à de la poudre de licopode (bismuth lycopodé) ; nous verrons pourquoi par la suite.

1. Le sulfate de baryum crémeux obtenu avec 50 % d'eau par précipitation du chlorure de baryum avec l'acide sulfurique est actuellement la meilleure préparation opaque pour l'examen du tube digestif. Différents spécialistes le fournissent aux radiologistes.

Certains auteurs préfèrent au lait de baryte dont nous venons de donner une bonne formule, l'ingestion d'un véritable repas opaque composé d'une bouillie alimentaire à laquelle on incorpore le sulfate de baryte (Rieder). Cela nous paraît plus utile pour l'étude de la traversée digestive que pour l'examen seul de l'estomac.

Le sujet doit être débarrassé de tout vêtement qui pourrait exercer une pression quelconque sur la paroi abdominale et doit avant tout être examiné debout, en position antérieure. L'examen couché, qui est souvent nécessaire, pourra ensuite être pratiqué, en couchant le malade sur le dos, et en maintenant toujours l'écran au-dessus de lui.

L'écran radioscopique doit être fixe pour permettre le relevé par orthodiagramme des images observées.

I. — Aspect normal.

L'examen de l'estomac doit se faire à jeun. D'une façon générale, avant l'ingestion de toute émulsion opaque, on distingue à gauche, à la partie supérieure de l'abdomen, immédiatement en-dessous de la coupole diaphragmatique, une zone claire. Cette zone claire correspond à la partie supérieure de l'estomac qui est distendu par des gaz : elle a reçu le nom de *chambre à air* de l'estomac (fig. 51). Ses limites, toujours faciles à déterminer en haut, peuvent être imprécises à gauche, où l'angle iléo-splénique de l'intestin, donne également d'une façon assez fréquente une image claire de distension gazeuse. Cependant un cloisonnement généralement assez apparent permet de dissocier les deux taches claires et d'attribuer à chacune d'elles l'importance qui lui appartient. Si le malade n'est pas à jeun, la présence de liquide chyleux dans la cavité se manifeste assez bien par la constatation à la partie infé-

rieure de la chambre à air d'un niveau horizontal qui conserve la même orientation quelle que soit la position imprimée au sujet. Dans les cas douteux on fera ingérer une cuillerée à café de bismuth lycopodé dans un peu d'eau. La poudre opaque et légère flottant sur le liquide gastrique manifestera ainsi nettement sa présence et la hauteur de son niveau.

Le cachet de sulfate de baryte (ou de bismuth) indiquera par sa chute rapide au fond de l'estomac,

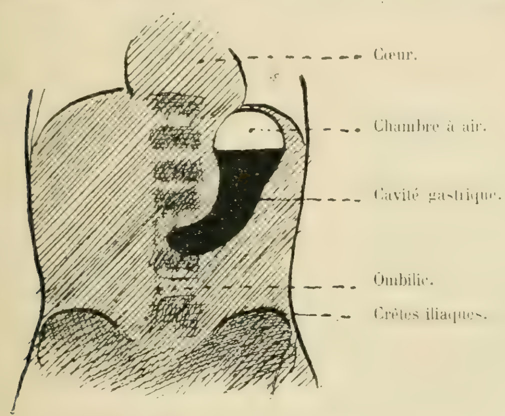


Fig.. 51 Image normale de l'estomac.

le niveau de la partie inférieure de l'organe en dehors de tout autre examen ; mais l'*épreuve principale consiste en l'absorption du lait de baryte.*

L'émulsion opaque doit être prise derrière l'écran, sous les yeux de l'observateur.

Dès la première gorgée, on voit le liquide opaque suivant la partie interne de la chambre à air sans s'y arrêter descendre immédiatement au fond de la cavité gastrique qu'elle abaisse légèrement, en vertu de son poids.

Si la quantité de liquide opaque est suffisante,

l'estomac se voit tout entier en noir, sauf la partie correspondant à la chambre à air qui reste claire et au fond de laquelle on peut voir le niveau horizontal du liquide opaque, nettement tranché.

Le lait de baryte moule ainsi la cavité interne de l'estomac. Il ne nous renseigne pas sur les accidents qui peuvent affecter sa paroi externe. Mais si l'on veut bien se rappeler que la poche gastrique a une paroi mince, souple, et sans adhérences, on se rendra compte que toute lésion affectant la paroi externe, et à plus forte raison interne, de la poche, toute compression extrinsèque des organes voisins pourra exercer une influence sur la forme de l'estomac, influence qui se manifestera aussitôt, à l'épreuve du lait opaque, par une déformation de l'image normale, déformation qu'il s'agira ensuite d'analyser et d'interpréter.

A l'état normal, l'épreuve du liquide opaque nous renseigne sur la *forme* et la *situation* de l'organe, sur son *mode de remplissage* et sur sa *mobilité passive*, enfin sur sa *sensibilité* et sa *motricité* propre, par conséquent sur sa *faculté d'évacuation*.

1° **Forme et situation de l'estomac normal.** — On a successivement comparé la forme de l'estomac, à une cornemuse, une corne d'abondance, à un crochet, à un point d'interrogation à l'envers, etc... Aucune de ces comparaisons n'est exacte en soi, car la forme de l'estomac n'est pas UNE. L'estomac est une poche membraneuse dont les parois sont excessivement souples, se laissent par conséquent très facilement déprimer par les organes voisins. Ce qu'on peut dire c'est que l'estomac comprend trois parties : une *supérieure* constituée par la chambre à air, dans laquelle débouche le cardia ou extrémité inférieure de l'œsophage, et une *inférieure* communiquant par le pylore avec l'intestin grêle (duodé-

num et que l'on peut appeler la poche pylorique. Entre les deux est une *partie intermédiaire* plus ou moins étroite, à direction verticale.

La partie supérieure, claire, a son sommet arrondi comme un ballon gonflé de gaz, et ordinairement très transparent.

La partie inférieure ou pylorique revêt en général l'aspect d'un croissant épais dont la concavité regarde en haut, et la convexité qui répond à la partie la plus déclive de l'estomac, toujours bien visible, regarde en bas.

L'estomac occupe normalement la région supérieure gauche et antérieurede la cavité abdominale :



Fig. 52. — Différentes formes de l'estomac normal.

il est plus ou moins tangent par son bord droit à la ligne médiane dont il s'écarte peu. Il est contigu à la voûte diaphragmatique par le sommet de la chambre à air, et son fond doit normalement être sur un plan plus élevé que la ligne bi-iliaque et correspondre à peu près au niveau de la cicatrice ombilicale. Sa direction générale est oblique de haut en bas, de gauche à droite, et d'arrière en avant.

Sa forme, nous l'avons dit, n'est pas UNE : elle est variable suivant les individus, suivant le poids du contenu, suivant la plus ou moins grande tonicité de l'organe.

La figure 52 ci-dessus donne l'aspect de quelques types d'estomac normal. Nous répétons qu'il n'y a rien d'absolu et que les variations individuelles peuvent

être considérables : la forme allongée n° 3 (fig. 52) est plus fréquente chez la femme et les individus maigres ; la forme n° 1 plus habituelle chez l'adulte robuste, et la forme n° 2 se voyant le plus souvent chez les gros mangeurs et surtout les buveurs.

Chez l'enfant l'estomac est beaucoup plus oblique de gauche à droite que chez l'adulte, le fond se trouve presque toujours sur la ligne médiane et le pylore à droite de cette dernière (fig. 53).



Fig. 53. — Estomac d'enfant.

Les dimensions de l'organe se mesurent en centimètres en partant du sommet de la chambre à air sous le dôme diaphragmatique gauche, au point le plus déclive de la partie inférieure. Ces dimensions sont variables suivant l'âge et la taille des individus.

La capacité de l'estomac ne dépasse généralement pas un litre.

2° **Mode de remplissage et mobilité de l'estomac.** — Chez un individu à jeun dont l'estomac est vide, les parois sont accolées au-dessous de la chambre à air. MM. Leven et Barret ont bien montré qu'une petite quantité de liquide emplissait l'estomac faiblement, et qu'on voyait toujours le niveau onduler à la partie inférieure de la chambre à air, les parties inférieures et intermédiaires étant représentées par une bande opaque assez étroite. En augmentant la quantité de liquide, la bande s'élargit et se dilate en travers ; la capacité de l'estomac augmente donc par l'élargissement de ses parois. Et si l'on augmente encore la quantité du liquide opaque,

l'organe s'élargit encore, la grande courbure s'arrondit et le niveau du liquide monte alors dans la chambre à air.

Normalement l'estomac est très mobile : sa partie inférieure se laisse déprimer, écarter, remonter avec la main le plus facilement du monde. Le sujet lui-même, en creusant le ventre, fait remonter la poche pylorique de son estomac. La manœuvre, dite de Chilaïditi, est pour cela excellente : le sujet fait un profond mouvement d'inspiration, *uniquement thoracique,* par écartement des côtes, en même temps il ferme la bouche et se pince le nez de manière à éviter l'accès de l'air dans les poumons : on voit alors le diaphragme s'élever d'une manière très sensible, la paroi abdominale s'excave, et la portion pylorique de l'estomac peut ainsi, si la manœuvre est bien exécutée, s'élever de douze à dix-huit centimètres au-dessus de sa position de repos.

Dans le décubitus dorsal, l'estomac tout entier vient se placer sous le dôme diaphragmatique à la place occupée en position debout, par la chambre à air : il présente alors la forme d'une large tache noire assez régulièrement arrondie. Et cela aussi témoigne de l'extrême mobilité de l'organe.

3° Motricité de l'estomac, mouvements péristaltiques et tonicité. — Dès que le sujet a ingéré sa bouillie opaque, on ne tarde guère à voir apparaître les contractions de l'estomac ; une encoche plus ou moins importante se forme à gauche vers l'union de la portion inférieure et de la portion intermédiaire. On la voit progresser lentement vers le pylore en même temps que l'organe se déforme, se contracte en arrière du bol opaque qu'il constitue par sa contraction et chasse progressivement vers le pylore. Une certaine quantité du contenu stomacal est ainsi éliminée dans l'intestin grêle à chaque

contraction péristaltique. C'est une sorte de mouvement ondulatoire lent qui va de gauche à droite vers le pylore.

Ces mouvements avec leur intensité, leur rapidité, leur amplitude, sont des plus variables suivant les individus. Lorsqu'ils se produisent rapidement et énergiquement, que le contenu de l'organe tend à disparaître rapidement et complètement dans l'intestin, l'estomac est dit *hypertonique*. Certains états pathologiques peuvent causer une hypertonicité exagérée de l'organe.

Un estomac hypertonique revêt rarement la forme allongée, et correspond plutôt à la forme 1 de notre figure 48.

Lorsqu'au contraire les mouvements péristaltiques tardent à apparaître, que sous les yeux de l'observateur l'organe reste immobile et mou, et qu'au bout d'un temps assez long on n'aperçoit qu'une déformation à peine sensible, une contraction lente, sans énergie, suivie d'une évacuation pylorique faible, on dit que l'estomac est *hypotonique*.

Entre les deux extrêmes, tous les degrés intermédiaires sont possibles, et on aura toujours grand soin de noter le moment où l'on voit apparaître la première contraction péristaltique par rapport au moment où l'émulsion opaque a été avalée.

4° **Evacuation.** — L'évacuation de l'estomac s'opère donc, d'après ce que nous venons de dire, d'une façon intermittente par une suite de contractions péristaltiques annulaires, isolant chaque fois un véritable bol opaque comparable au bol alimentaire, et que l'on voit très bien filer dans le duodenum.

D'après Leven et Barret qu'il faut toujours citer quand il s'agit de l'étude du fonctionnement gastrique, l'évacuation de l'eau pure commence immédiatement après l'ingestion; l'estomac se vide alors très rapide-

ment « comme un vase qui fuit » et normalement ne met pas plus d'un quart d'heure pour évacuer deux cents centimètres cubes d'eau.

Il s'en faut qu'il en soit de même pour tous les aliments. Les aliments solides sont beaucoup plus longs à passer dans l'intestin; le lait qui se caille dans l'estomac, est particulièrement long à s'évacuer (deux heures environ). La consistance et la température des aliments, leur nature, la présence de gaz dans l'estomac, sont autant de facteurs qui influent sur la plus ou moins grande rapidité de l'évacuation gastrique.

Avec les préparations opaques dont nous nous servons, l'évacuation varie aussi suivant la nature du produit : plus rapide avec le sulfate de baryte qu'avec le bismuth qui est plus lourd. Le poids de la substance ingérée a donc aussi une influence.

Il faut se garder d'énoncer une règle absolue, mais on peut dire qu'avec un repas d'épreuve (bouillie alimentaire avec émulsion opaque), l'évacuation qui commence dans les vingt minutes qui suivent l'ingestion, dure en moyenne de deux à quatre heures, et quelquefois cinq heures. Chez les hypotoniques l'évacuation peut demander un temps parfois bien plus considérable.

II. — Aspects pathologiques de l'estomac.

Toutes les altérations pathologiques de l'estomac se manifestent à l'écran radioscopique par des modifications de la forme, du volume, de la direction, de la taille, de la mobilité, de la sensibilité, de la motricité, de la tonicité et de l'évacuation de l'organe.

Quelques-unes de ces modifications se groupent en syndromes qui caractérisent des altérations bien définies, et répondant à une entité morbide bien classée en clinique. C'est ainsi que nous avons le

syndrome radiologique de la dilatation de l'estomac, le syndrome de l'ulcère, le syndrome du cancer.

Rien toutefois, disons-le tout de suite, ne nous permet d'affirmer d'une façon absolue un diagnostic ferme dans les lésions organiques de l'estomac. Rappelons-nous bien que l'image radioscopique n'est que la projection sur un plan du moule de la cavité intérieure de l'estomac. Normalement nous savons que cette projection, que cette image, présente certains aspects, variables d'ailleurs, nous l'avons dit, suivant les circonstances, lesquelles il faut noter avec soin.

Pathologiquement, lorsque nous observerons des anomalies de forme, de dimensions, de direction, etc..., lorsque nous observerons une mobilité anormale, un retard dans l'évacuation, etc., etc., nous pourrons, en nous appuyant toujours sur des considérations d'ordre clinique, établir une relation entre les ombres observées et les caractères cliniques présentés par le malade : nous pourrons ainsi constituer un syndrome radiologique qui, pour le clinicien, viendra s'ajouter aux autres constatations qu'il pourra faire, et pourra augmenter ou diminuer leur valeur. Mais le radiodiagnostic employé isolément n'aurait qu'une valeur bien relative, et toute affirmation catégorique qui ne se baserait que sur lui courrait quelques risques d'erreur.

Nous allons passer en revue les modifications que l'on peut observer dans l'aspect normal de l'estomac et chercher à leur attribuer une place dans le cadre de la pathologie gastrique.

1° Modification des dimensions et de la taille. — Les modifications des dimensions et de la taille de l'estomac se rencontrent, et sont surtout sensibles dans la ptose et dans la dilatation gastrique.

La *ptose de l'estomac* se caractérise par un abaisse-

ment du fond de la partie inférieure de l'organe, abaissement qui peut être considérable, dépasser la ligne bi-iliaque de plusieurs travers de doigts, et arriver parfois jusqu'au niveau du pubis. Quand il y a ptose simple, l'estomac est comme étiré de haut en bas, ses dimensions transversales sont réduites; il forme une anse à convexité inférieure fortement accusée. Lorsqu'il y a dilatation de l'organe, l'allongement, tout en étant manifeste, s'accompagne d'élar-

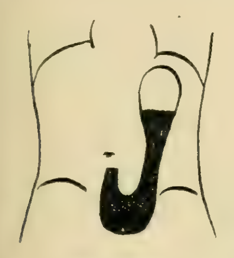




Fig. 54.

1° Ptose gastrique. 2° Dilatation gastrique.

gissement de l'ombre gastrique (fig. 54) qui donne alors l'image caractéristique d'un estomac étalé transversalement, affectant la forme semi-lunaire assez régulière, mais dont la limite supérieure manque de précision. L'ombre d'un estomac dilaté déborde la plupart du temps la ligne médiane à droite.

L'estomac dilaté, présentant l'aspect de notre figure 54 (n° 2), est en général l'indice d'un obstacle au pylore, plus que celui d'une altération des parois.

On a signalé des cas de diminution des dimensions gastriques sans qu'on ait pu rattacher à ce fait une notion étiologique nette. Le plus souvent, contrairement aux cas précédents, il s'agit d'une altération des parois gastriques, soit hypertrophique, soit néoplasique, soit par compression due à une tumeur de voisinage.

2° Modification du siège et de la direction. — Un certain nombre de causes, la plupart extrinsèques, peuvent agir sur l'estomac pour en modifier la direction et jusqu'à un certain degré le siège. Ce sont surtout les tumeurs abdominales (rein, utérus, mésentère), l'hypertrophie de la rate ou du foie, la distension gazeuse de l'intestin, le mégacôlon, etc., etc... L'estomac peut ainsi être plus ou moins refoulé sur la droite et présenter une direction plus ou moins oblique par rapport à sa direction habituelle qui est assez voisine de la verticale.

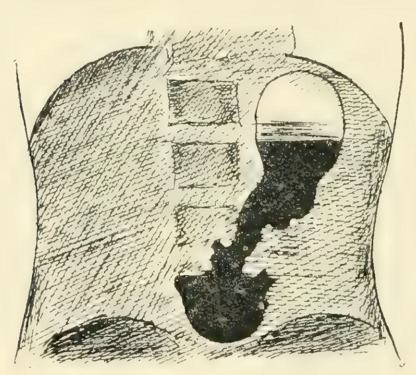


Fig. 55. — Cancer de la grande courbure. Image lacunaire.

3° Modifications de forme. — Sans doute la dilatation, l'abaissement, les déviations de l'estomac, modifient dans une certaine mesure la forme habituelle de l'organe, mais nous réserverons la dénomination de *modifications de la forme de l'estomac* aux *déformations localisées* portant sur un ou plusieurs points des contours de l'image, en modifiant leurs rapports réciproques, images incomplètes, ou images surajoutées à l'ombre normale.

Ces images anormales sont de trois sortes : les images *lacunaires*, *biloculaires* et *diverticulaires*.

1° *Images lacunaires* : les images lacunaires sont caractérisées par une encoche plus ou moins régulière interrompant le contour habituel de l'ombre gastrique.

L'émulsion opaque moulant, comme nous l'avons dit, la cavité intérieure de l'estomac, une image lacunaire ne pourra se produire que lorsqu'une formation anatomique étrangère à la constitution normale de l'organe fera saillie à l'intérieur de la cavité de l'estomac (tumeurs et cancers de l'estomac).

Ces encoches de l'ombre gastrique affectent souvent la grande courbure, surtout au voisinage de la région pylorique; elles sont plus ou moins nettes, forment des échancrures plus ou moins sinueuses présentant parfois des angles vifs (fig. 55).

Parfois l'échancrure claire qui se trouve dessinée sur le bord de l'image gastrique présente elle-même des taches dues à l'infiltration de la tumeur par le lait de baryte.



Fig. 56. — Schéma d'infiltration diffuse des parois de l'estomac.

Toutes les variétés d'aspect peuvent s'observer dans les images lacunaires, depuis la simple encoche à contour cyclique jusqu'à l'anfractuosité étendue, empiétant de telle façon sur l'ombre de l'estomac que cette dernière peut se trouver réduite à un étroit chemin sinueux comprimé entre des masses néoplasiques, surtout quand le cancer envahit en même temps la grande et la petite courbure.

Parfois, lorsqu'il s'agit d'infiltrations diffuses des parois de l'estomac, l'image lacunaire à proprement parler fait défaut; mais il se produit une déformation générale de l'image gastrique qui est assez caractéristique : dilatation de la partie supérieure de l'organe qui se continue en bas vers le pylore par un canal plus ou moins étroit aux contours plus ou moins réguliers (fig. 56).

On conçoit que si une tumeur occupe la paroi

postérieure de l'estomac, ou sa paroi antérieure sans affecter les courbures, l'examen radioscopique pourra rester négatif; il suffit en effet d'une lame mince de substance opaque pour masquer les lacunes antérieures. Il sera nécessaire dans ce cas, de faire varier par tous les moyens, la position du malade, de pratiquer l'examen oblique droit et gauche, de faire coucher le malade, et malgré toutes ces précautions, une tumeur de l'estomac pourra passer inaperçue.



Fig. 57. — Images biloculaires.
1° Biloculation spasmodique. 2° Sténose médiogastrique.

Lorsqu'une image lacunaire est produite par une compression extrinsèque de l'estomac, ses contours sont plus réguliers, moins accidentés, moins vifs, et la palpation produit dans l'aspect de l'image des déformations qu'elle ne produit pas dans les images lacunaires caractéristiques des tumeurs cancéreuses de l'estomac.

La constatation de ces dernières dans le cas où la clinique reste douteuse, aura une importance capitale, tant au point de vue du siège et du volume de la tumeur, que des indications opératoires auxquelles elle peut donner lieu.

2° *Images biloculaires* : Les images biloculaires sont constituées par un étranglement siégeant en

général à la partie moyenne (région intermédiaire) de l'estomac, étranglement plus ou moins accusé mais divisant toujours nettement l'image gastrique en deux parties, supérieure et inférieure, le plus souvent inégales, étranglement à travers lequel l'émulsion opaque circule plus ou moins facilement.

On ne saurait confondre une biloculation vraie de l'estomac avec un allongement ptosique dans lequel l'organe déjà abaissé naturellement, est encore attiré vers le pubis par le poids du lait de baryte, ce qui rétrécit souvent d'une façon considérable la partie moyenne tout en l'allongeant. Nous ne reconnaîtrons que deux véritables variétés de biloculation gastrique : les *biloculations spasmodiques* et les *biloculations organiques*.

La *biloculation spasmodique* est caractérisée par une encoche siégeant en général à la partie moyenne de la grande courbure, s'imprimant en clair, profondément dans l'opacité gastrique, mais ménageant toujours le long de la petite courbure, un canal perméable dans lequel le lait baryté coule facilement, emplissant rapidement la poche inférieure de l'estomac d'où la palpation peut très bien le faire refluer vers la partie supérieure.

Ce phénomène est en général provoqué par un spasme de la tunique musculaire de l'organe, spasme qui se produit chez les sujets nerveux sous l'influence de l'excitation produite sur la muqueuse gastrique par la brusque arrivée du lait opaque, mais qui est quelquefois l'indice d'un ulcère de la petite courbure.

La biloculation spasmodique est facile à reconnaître à la palpation de la poche gastrique, mais il est moins facile de savoir si elle est liée à un ulcère ou à un état névropathique. On s'accorde à penser que la biloculation spasmodique qui reconnaît pour cause un ulcus de la petite courbure a une fixité plus grande que la biloculation nerveuse qui aurait un siège plus

varié et serait plus intermittente. Pour nous la preuve de ces différences n'est pas suffisamment établie, pas plus qu'il nous paraît certain que l'ulcus est la cause la plus fréquente de la biloculation spasmodique.

La *biloculation organique* présente des caractères bien différents ; elle est souvent le signe d'un ulcus ayant évolué vers l'ulcus calleux avec rétraction des parois gastriques. Il se constitue alors une sténose *médio-gastrique.*

La différence porte d'abord sur le mode de remplissage : alors que dans la biloculation spasmodique le lait de baryte gagne immédiatement et rapidement la poche inférieure qu'il emplit aussitôt, dans la sténose médio-gastrique, au contraire, l'émulsion opaque s'arrête dans la poche supérieure qu'elle emplit d'abord, puis on voit la baryte couler en mince filet et venir lentement s'accumuler dans la poche inférieure (fig. 57, n° 2), ce qui peut demander un temps parfois fort long.

En second lieu, l'étranglement médian est indéformable : il n'est plus possible de faire passer avec facilité sous une simple pression du bout des doigts le liquide de la poche inférieure à la poche supérieure ; cette manœuvre peut encore s'effectuer, mais lentement et péniblement ; on sent nettement que toute souplesse des parois de l'estomac a, en partie, disparu.

Les causes les plus habituelles des biloculations organiques sont les *rétractions cicatricielles* qui suivent l'évolution de l'ulcus simplex, le cancer de l'estomac qui, en dehors des images lacunaires dont nous avons parlé, peut produire une rétraction des parois avec étranglement annulaire plus ou moins marqué et amener ainsi une sténose médio-gastrique typique.

La syphilis enfin peut être également la cause de la biloculation gastrique, mais les observations en sont, jusqu'ici, assez peu nombreuses.

3° *Images diverticulaires :* Elles sont caractérisées par l'apparition sur les côtés de l'image gastrique d'une petite tache supplémentaire représentant un diverticule de la cavité gastrique, et communiquant avec elle. Elle est le signe caractéristique d'une perte de substance de la paroi interne de la poche gastrique, d'une autodigestion de la muqueuse, par conséquent de l'ulcère ancien ou pénétrant de l'estomac (Béclère).

Cette ombre additionnelle s'observe le plus souvent sur les côtés de la petite courbure, son image est peu nette, et ordinairement indépendante de l'image gastrique ; elle est généralement peu volumineuse, surmontée d'une tache claire (chambre à air minuscule) ; elle se vide lentement et après l'estomac lui-même qui est souvent biloculaire. Quelquefois le diverticule forme une poche sur le côté de l'image gastrique et en communication directe avec elle (fig. 58).

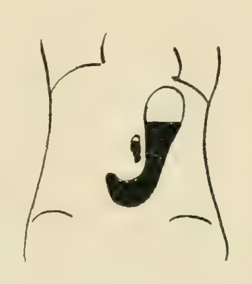


Fig. 58.
Image diverticulaire.

La constatation nette de l'image diverticulaire permet, dans la majorité des cas, d'affirmer la présence d'un ulcère calleux ou d'un ulcère pénétrant de la muqueuse gastrique.

4° Modifications de la motricité gastrique, troubles du péristaltisme. — L'exagération en force et en fréquence des mouvements péristaltiques traduit l'estomac hypertonique. On voit les ondes de contraction progresser avec énergie et vitesse de la région médio-gastrique vers le pylore, et elles paraissent encore exagérées lorsqu'elles ont à lutter contre un obstacle ou un spasme pylorique.

Cette hypertonie peut également être liée à un état

de nervosisme général qui peut arriver à produire jusqu'à une sorte de tétanisation de l'organe ; celui-ci paraît alors plus petit et comme ramassé sur lui-même.

Les ondes péristaltiques lentes, molles, étalées et rares traduisent au contraire un état d'hypotonicité gastrique qui se rencontre dans les estomacs dilatés et relâchés devant une sténose pylorique contre laquelle l'organe a tout d'abord lutté.

Dans les cas d'infiltration diffuse des parois, les mouvements péristaltiques font complètement défaut.

Enfin, on a observé des mouvements antipéristaltiques au voisinage du pylore dans certains cas de sténose fonctionnelle spasmodique du pylore lui-même (Holzknecht).

5° Troubles de l'évacuation de l'estomac. — L'étude de l'évacuation de l'estomac doit se faire à l'aide du repas opaque (bouillie alimentaire épaisse additionnée de 150 grammes de sulfate de baryte), et les examens doivent être suffisamment répétés pour acquérir quelque précision.

L'évacuation du contenu de l'estomac peut être *accélérée* ou *retardée*.

Elle est *accélérée*, réduite à une heure ou deux, parfois moins dans les états hypertoniques de l'estomac, chez certains névropathes, ou dans certains cas d'infiltration cancéreuse du pylore qui maintient ce dernier constamment ouvert, comme aussi dans certains cas d'ulcères.

Elle est *retardée* quand il se produit une sténose oblitérante ou spasmodique du pylore, dans certains états hypotoniques ou atoniques de l'estomac souvent liés à des ptoses gastriques plus ou moins accentuées. Les dépressions nerveuses, les neurasthénies, entraînent fréquemment cet état d'atonie gastrique. Dans ce cas l'évacuation peut durer dix ou douze

heures, parfois dix-huit et même vingt-quatre heures, qu'il y ait ou non sténose pylorique. L'examen radioscopique révèle toujours, même lorsque le sujet est à jeun, une stagnation alimentaire dans le fond de la cavité de l'estomac.

Quand il s'agit d'un spasme du pylore l'évacuation, bien que retardée, ne dépasse généralement pas douze heures.

D'ailleurs l'état du duodénum exerce une influence considérable sur l'évacuation de l'estomac ; nous aurons à revenir sur ce sujet.

En même temps que se fait l'examen des symptômes radiologiques que nous venons de passer en revue, il y a lieu d'examiner la sensibilité de l'estomac combinée à la palpation sous l'écran ; certains points douloureux pourront ainsi être localisés sur l'organe, qu'une anomalie de forme, de direction ou de taille aurait pu faire considérer comme extra-gastriques. C'est le contrôle du siège de la douleur par la radioscopie qui peut, dans certains cas, présenter un très grand intérêt clinique.

6° **Dilatation de la chambre à air**. — La poche à air de l'estomac peut se trouver anormalement dilatée chez les sujets atteints d'*aérophagie* (Leven et Barret). Elle se présente alors sous l'aspect d'une zone très transparente, ballonnée, surélevant le diaphragme, et empiétant sur la cavité thoracique. Le diagnostic en est facile, il a intérêt à être fait dès le début de la maladie, alors que les troubles fonctionnels sont minimes et peuvent échapper à un examen clinique. La radioscopie dans ce cas pourra faire éviter toute une série d'erreurs fâcheuses.

De tout ce qui précède, on peut dégager un faisceau de symptômes constituant les syndromes radiolo-

giques de l'ulcère et du cancer de l'estomac et que l'on peut grouper de la façon suivante (Jaugeas) :

Syndrome radiologique de l'ulcère :

a) *Ulcère récent de la petite courbure :*

1° biloculation spasmodique,
2° douleur à la pression sur la petite courbure,
3° retard à l'évacuation.

b) *Ulcère chronique :* sténose médio-gastrique, et plus tard image diverticulaire avec estomac en escargot.

c) *Ulcère pylorique :* peu de signes radiologiques, spasme pylorique et sténose, d'où retard dans l'évacuation qui devient très lente et l'estomac se dilate. Faire des réserves au sujet du point douloureux qui peut être duodénal.

Syndrome radiologique du cancer :

a) *Forme bourgeonnante :* images lacunaires pouvant produire une biloculation organique.

b) *Forme diffuse* : estomac petit, rétracté, ayant perdu sa mobilité, à parois rigides et à contours dentelés.

L'évacuation peut être rapide par insuffisance du pylore, ou retardée et très lente par sténose de cet organe et dilatation consécutive de l'estomac.

C. — INTESTIN GRÊLE

L'intestin grêle ne se prête pas facilement à l'examen radioscopique : Les repas opaques le traversent rapidement, les images sont confuses, mobiles, ne donnent que des symptômes de probabilité. Et encore les affections susceptibles de donner des images différenciées sur l'écran sont-elles rares. Nous ne parlerons ici que de l'ulcère, de la sténose ou du spasme du duodénum, de la stase et de la sténose de l'iléon.

1. L'*ulcère duodénal pur* se signale par des signes radiologiques de présomption qui sont les suivants :

Estomac hypertonique, contractions énergiques et fréquentes, évacuation rapide, mais qui laisse souvent derrière elle dans l'estomac un résidu qui persiste longtemps.

Point douloureux duodénal toujours un peu éloigné de l'image gastrique.

Exceptionnellement perte de substance et image diverticulaire.

2. *Sténoses et spasmes*, souvent réunis, présentent des caractères communs (Holzknecht).

Image duodénale plus fixe avec aspect en saucisson par accumulation de la préparation opaque en amont de l'étranglement.

Dilatation de l'anse duodénale.

Contractions péristaltiques actives.

Stase iléale : assez pernicieuse d'après Case et Lane, la stase iléale se caractérise par une image opaque régulière au voisinage du cæcum, le plus souvent à gauche et en bas ; l'image persiste longtemps, de 6 à 10 heures, elle est souvent due à la présence d'adhérences ou de coudes au niveau de l'iléon, à l'insuffisance de la valvule iléo-cæcale ou à un spasme du sphincter, qui est toujours plus ou moins accusé dans l'appendicite, surtout l'appendicite aiguë.

4° *Sténose iléale* : Le diagnostic en est facile (Schwartz). Ombres larges, allongées en amont du cæcum, ou cavités ampullaires remplies de gaz et de liquide à niveau horizontal, fluctuant, situées à des hauteurs variables dans la cavité abdominale et dont l'aspect est bien caractéristique.

Ni le siège, ni la cause de la sténose ne peuvent être précisés avec exactitude.

D. — LE GROS INTESTIN

Autant la traversée de l'intestin grêle est rapide, autant celle du gros intestin est lente, et se prête par conséquent d'une remarquable façon à l'exploration radiologique.

Comme pour toutes les autres parties du tube digestif, il faut avoir recours aux préparations opaques. Cependant certaines parties en sont normalement visibles sans aucun artifice, grâce aux distensions gazeuses dont elles sont le siège.

Signalons la fréquence de ces poches gazeuses au niveau de l'angle iléo-splénique, du cæcum, du côlon ascendant et souvent aussi de l'ampoule rectale.

Pour rendre possible l'examen d'ensemble, on aura recours, d'une part, au repas opaque, d'autre part au lavement opaque. A notre avis les deux méthodes sont nécessaires, elles se complètent l'une l'autre et l'on ne saurait poser un diagnostic précis d'une affection du gros intestin sans avoir fait subir au malade les deux préparations.

Nous ne reviendrons pas sur la composition du repas baryté : nous dirons seulement que pour que l'imprégnation du gros intestin se fasse dans de bonnes conditions, le malade doit le prendre en deux fois à quelques heures d'intervalle, et l'examen ne se faire que plusieurs heures après la prise du deuxième repas. De plus, pour que la progression soit bien suivie, les examens devront être répétés à différents intervalles, les temps de stase dans le gros intestin étant parfois considérables dans certaines formes de constipation.

Quant au lavement opaque il doit se donner de la façon suivante : 250 grammes de sulfate de baryte sont délayés dans 1.200 à 1.300 grammes d'eau, auxquels on a d'abord ajouté une matière émulsive quelconque (gomme, agar-agar, coréine, etc...) pour

produire une émulsion bien homogène, que l'on tient toute préparée dans un bock à injection muni d'un tuyau de caoutchouc de 1 m. 50 environ et d'une sonde également en caoutchouc assez longue, analogue à celles que l'on emploie pour les grands lavages intestinaux.

Il faut administrer le lavement sous le contrôle des rayons de manière à observer le mode de remplissage de l'intestin. Pour cela, le malade est couché dans le décubitus dorsal sur la table radiologique, au-dessous de laquelle se trouve la cupule porte-ampoule mobile en longueur et en largeur. On relève légèrement le siège du malade avec un petit coussin, on introduit la sonde bien vaselinée et on soulève le bock d'abord lentement de manière à ce que le niveau du liquide soit, à peu de chose près, à 50 centimètres au-dessus du malade. Le liquide opaque s'écoule lentement : on le voit d'abord remplir l'ampoule rectale qui revêt l'aspect d'une grosse poire dont la tige serait dirigée vers l'anus. Souvent un léger temps d'arrêt marque le passage du lavement baryté dans l'anse sigmoïde, on augmente alors la pression en élevant un peu le bock; le liquide emplit le côlon iliaque et monte assez rapidement dans le côlon descendant jusqu'à l'angle iléo-splénique où il n'est pas rare d'observer un nouveau temps d'arrêt. On répète la même manœuvre que plus haut, l'émulsion opaque franchit l'angle iléo-splénique, imprègne, généralement en se fragmentant plus ou moins, le côlon transverse, et débouche dans l'angle iléo-hépatique qu'elle franchit en général assez facilement. Puis le cæcum s'emplit à son tour. Il est souvent nécessaire à la fin du remplissage de lever le bock assez haut pour vaincre la résistance des derniers replis intestinaux et faire progresser la masse de l'émulsion à travers tout l'intestin et ses différentes coudures.

L'opération demande quelques minutes à peine. On retire la sonde. Il est parfois nécessaire de suspendre l'injection lorsque le malade accuse des coliques violentes ou un impérieux besoin d'aller à la selle.

Jaugeas et Friedel ont parfois préféré, pour limiter l'examen à quelqu'une des parties terminales du gros intestin de l'angle splénique au rectum, employer l'injection de pâtes souples et molles composées de vaseline et d'huile de vaseline soigneusement mélangées à 60 grammes de sulfate de baryte, que l'on pousse dans l'intestin à l'aide d'une seringue de Guyon munie d'une sonde rectale souple.

De ces deux épreuves, le repas opaque progressant dans l'intestin de la même manière qu'un repas ordinaire, nous renseigne exactement, en faisant plusieurs examens, sur la progression du repas dans les différentes parties du côlon, et sur la fonction évacuatrice de l'intestin. L'autre, le lavement, nous indique mieux les caractères généraux de la morphologie de l'organe, et les obstacles, organiques ou non, qui peuvent se trouver sur son parcours.

I. — **Aspect normal du gros intestin.**

Le gros intestin, du cæcum jusqu'au rectum, comprend le cæcum et le côlon ascendant jusqu'à l'angle iléo-hépatique qui n'est jamais très élevé. Là, premier coude à angle aigu, nous arrivons au côlon transverse qui est presque toujours abaissé (au moins dans la position debout) et décrit une courbe à concavité supérieure. Dans le côlon transverse la préparation barytée est toujours plus ou moins fragmentée. Dans sa partie gauche, le côlon transverse remonte dans la cavité abdominale jusqu'au point d'atteindre la voûte diaphragmatique

gauche. Là, nouveau coude très aigu, le côlon se replie brusquement sur lui-même c'est l'angle iléo-splénique toujours très élevé, toujours assez fixe. Puis c'est le côlon descendant qui chemine en ligne presque droite, à l'aspect rubanné, moins large que les autres segments de l'intestin, et arrive dans la fosse iliaque gauche où il exécute une nouvelle révolution sur lui-même et forme l'anse

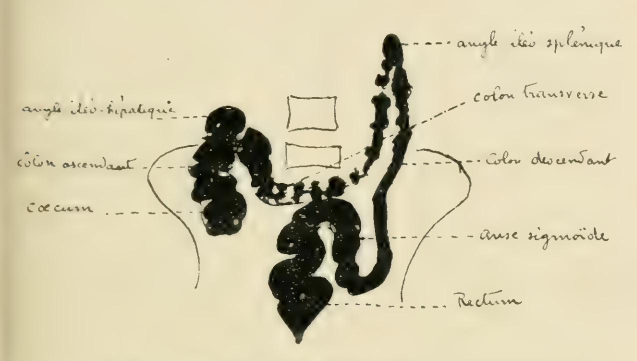


Fig. 59. — Aspect général du gros intestin. Vue antérieure.

sigmoïde. Puis nous arrivons au côlon pelvien et au rectum, qui paraissent toujours assez volumineux (fig. 59).

Dans cet ensemble le cæcum constitue toujours une des parties les plus larges de l'intestin, et sa position est assez fixe dans la fosse iliaque droite ; l'appendice n'est que très rarement visible avec les préparations barytées ordinaires. Pour le rendre plus certainement apparent, il faut employer un repas opaque émulsionné avec beaucoup de soin dans une bouillie de babeurre. Cette préparation au babeurre a la propriété de s'insinuer beaucoup plus subtilement dans les moindres replis intestinaux et

de rendre ainsi quelquefois l'appendice visible. Ce dernier apparait alors comme un petit cordon opaque situé sur la partie inférieure et interne du cæcum. Il est souvent nécessaire de palper assez profondément la fosse iliaque pour dissocier l'ombre de l'appendice de l'ombre cæcale avec laquelle elle est souvent confondue.

La longueur du còlon ascendant qui fait suite au cæcum est en général assez faible, et sa largeur un peu inférieure à celle du cæcum, et supérieure à celle du còlon transverse qui le continue à la suite de l'angle hépatique. C'est là que la bouillie opaque commence à se fragmenter, mais la fragmentation est bien plus nette dans le côlon transverse qui est souvent ptosé et dont l'ombre peut se confondre avec celle de l'anse sigmoïde. Le trajet et la situation du côlon transverse sont très variables; l'organe est assez mobile et subit volontiers les influences voisines, en particulier de l'estomac qui peut le comprimer et contribuer à son abaissement.

Son point de jonction avec le côlon descendant, ou angle iléo-splénique, est au contraire généralement très fixe. Il paraît très aigu, mais on voit en position oblique que sa courbe, à direction antéro-postérieure, est en réalité bien moins aiguë, qu'elle ne le paraît en position antérieure.

Le côlon descendant, nous l'avons dit déjà, est allongé, rubanné et de calibre assez régulier encore qu'assez faible. Il s'abouche dans l'anse sigmoïde, qui tout en conservant sa direction générale, décrite dans les livres d'anatomie, présente suivant les individus de nombreuses variations de forme, de situation et de dimensions.

L'anse sigmoïde est plus large que le côlon descendant et moins large que le rectum dont les dimensions, en dehors de tout état de dilatation

pathologique, sont souvent égales sinon supérieures à celles du cæcum.

La traversée du gros intestin a été très bien étudiée par de nombreux auteurs, en particulier Arthur F. Hertz, Rosenheim, Elliott et Cannon, etc..., qui sont arrivés aux conclusions suivantes :

Le cæcum est atteint environ quatre heures et et demie après la prise de la bouillie barytée ;

A la sixième heure le côlon ascendant se trouve envahi ;

A la septième, l'angle iléo-hépatique est atteint, et la baryte commence à passer dans le colon transverse ;

De la huitième à la dixième heure, la bouillie chemine dans le transverse et arrive jusqu'à l'angle iléo-splénique ;

A la douzième heure, cet angle est franchi et le côlon descendant est presque totalement imprégné.

A ce moment-là, on a l'aspect du cæcum et des côlons ascendant, transverse et descendant, complètement opaques.

La progression est plus lente dans les heures qui suivent et le cæcum, comme le côlon ascendant, commencent à se vider.

Au bout de vingt-quatre heures, il ne doit presque plus rien rester dans ces organes, puis le transverse s'éclaircit, en même temps que le côlon iliaque s'opacifie à son tour.

Quelques heures encore, et la bouillie cheminant toujours arrive dans le rectum, et après trente-deux heures, l'envahit complètement. A ce moment là, il reste encore de la baryte dans le côlon descendant et dans l'anse sigmoïde, d'où la plus prochaine défécation les expulsera au moins en grande partie.

L'intestin dont on étudie la traversée digestive doit être examiné souvent au cours de cette tra-

versée, car le moment où l'on voit apparaître pour la première fois l'ombre du repas opaque dans telle ou telle partie de l'organe, a parfois plus d'importance que le temps qu'elle reste à y séjourner.

Il est presque impossible de saisir à la radioscopie les mouvements péristaltiques ou antipéristaltiques du gros intestin. Ils sont beaucoup trop lents. Il faut, si on veut les observer, prendre une série de radiographies sur lesquelles on pourra noter des déformations plus ou moins accentuées et des différences dans les plis intestinaux, preuve des mouvements actifs et des contractions véritables qui s'y produisent.

II. Aspect pathologique du gros intestin.

Les renseignements que la radiologie peut fournir pour le diagnostic des affections du gros intestin sont de plusieurs ordres.

Tout d'abord, étant donné l'aspect habituel, on peut observer des modifications de forme et de siège : elles sont fréquentes et affectent principalement les parties les plus mobiles de l'organe, c'est-à-dire le côlon transverse, qui se laisse abaisser, distendre, en un mot déplacer soit par une ptose gastrique. soit par une tumeur abdominale, soit par une hypertrophie du foie. Le côlon transverse et à sa suite l'angle iléo-hépatique sont fréquemment entraînés dans la ptose générale des viscères. Ces déplacements peuvent se compliquer d'adhérences qui se manifestent par le défaut de mobilité de l'organe à la palpation profonde, ce qui n'est d'ailleurs pas une raison suffisante pour déterminer un acte opératoire.

Les allongements du côlon ont été observés et décrits par MM. Aubourg et Lardennois. Les plus grandes variétés peuvent s'observer aussi bien d'un individu à l'autre, qu'à des moments différents

chez le même individu ; ce qui fait que la *dolichocolie* échappe à toute description précise.

Le *Mégacôlon* consiste en une dilatation générale de l'intestin qui peut se combiner avec un certain degré de dolichocolie. C'est une affection de l'enfance rentrant souvent dans le syndrome connu sous le nom de *syndrome de Hirschsprung*.

Au simple examen, sans préparation opaque, le syndrome de Hirschsprung peut se manifester par une distension considérable des différentes parties du côlon par des gaz qui les rendent très transparentes. Mais l'examen après lavement donne une certitude par l'aspect caractéristique qu'il présente.

Les anses côliques sont dilatées à l'excès, emplissant toute la cavité abdominale : la dilatation porte spécialement sur le côlon pelvien, le côlon descendant et l'angle iléo-splénique, où elle est particulièrement sensible en vertu du volume habituel plutôt réduit de cette partie de l'intestin. Au niveau de l'anse sigmoïde, qui est plus volumineuse naturellement, la dilatation peut devenir énorme. Enfin le cæcum et le côlon ascendant sont aussi très fréquemment dilatés, tandis que le côlon transverse l'est, en général, beaucoup plus rarement.

Il existe bien des degrés dans le syndrome de Hirschsprung. Certains mégacôlons silencieux échappent à la clinique et peuvent être révélés par la radioscopie. Nous en avons personnellement découvert alors que nous ne les cherchions pas. Leur constatation éclaire le diagnostic de certaines affections intestinales de l'enfance et guide la thérapeutique en conséquence.

Etude de la constipation par les rayons X.

La constipation peut être définie : « Un état dans lequel aucun des résidus d'un repas pris huit heures

après la défécation n'est évacué dans les quarante-huit heures qui suivent ». (Arthur Hertz.)

La plupart des auteurs divisent tous les cas de constipation en deux grandes catégories : la constipation atonique et la constipation spasmodique. Nous croyons que cette classification est loin d'englober tous les faits, et nous pensons qu'il est plus rationnel de considérer les constipations suivant deux grands groupes :

A) Celles qui sont la résultante d'un retard dans la traversée de l'intestin par les résidus alimentaires;

B) Celles qui ont pour cause l'arrêt de ces résidus dans la partie terminale de l'organe par suite de la difficulté ou de l'insuffisance de leur expulsion finale.

Cette division nous permettra d'envisager et d'étudier en même temps que les constipations atoniques ou spasmodiques, toutes les causes d'arrêt ou d'insuffisance de fonctionnement intestinal, qu'elles proviennent d'obstacles mécaniques ou organiques ou de simples troubles fonctionnels.

Les rayons X ont apporté à l'étude des phénomènes de constipation une puissante contribution. Ils constituent la seule méthode qui permette de différencier avec une certitude absolue, la variété de ce trouble fonctionnel qu'il soit dû à un passage trop lent des matières dans l'intestin, ou à la difficulté de leur expulsion.

On doit, pour pratiquer l'examen, vider l'intestin du malade à l'aide d'une purge prise la veille, et d'un lavement administré le matin même de l'examen, précaution qui doit d'ailleurs toujours être prise quand il s'agit d'examen du tube digestif, — puis on fait prendre au malade un repas opaque avec 150 grammes de sulfate de baryte, et l'on observe la progression des ombres sur l'écran pendant les deux ou trois jours suivants.

A. — Constipations dues à la traversée trop lente de l'intestin.

La traversée trop lente de l'intestin peut être due à la *faiblesse de la tunique musculaire du côlon* : c'est la *constipation atonique*; à l'*insuffisance des réflexes intestinaux*, à une *dépression du système nerveux*; à des *troubles d'origine sympathique* donnant lieu à une inhibition des contractions intestinales.

Dans ces différents cas, on voit à l'écran que le remplissage du côlon est normal et que la forme de l'ombre opaque n'est pas modifiée, mais la progression est très lente, dure parfois plusieurs jours, et n'arrive que très lentement au rectum.

La constipation peut être enfin dyskinétique, en ce sens qu'il peut y avoir défaut d'équilibre dans la répartition des forces qui président à la progression des matières dans l'intestin. Cette dyskinésie produit souvent une stase cæco-ascendante alors que la tête de la colonne opaque chemine normalement. L'examen radioscopique montre alors une fragmentation considérable de la bouillie opaque dans le transverse et même dans le côlon ascendant et descendant, alors que le cæcum et le côlon ascendant restent opaques et que, d'autre part, la bouillie opaque s'accumule dans le côlon pelvien. (Bensaude et Guénaux.)

L'*entérospasme* (constipation spasmodique des anciens auteurs) est également une cause fréquente de retard dans la traversée du côlon. Son aspect radioscopique se rapproche de celui de la constipation dyskinétique : le contenu opaque du côlon arrive assez vite aux côlons transverse et descendant, et là, la bouillie se divise en fragments rubannés courts réduits au diamètre du petit doigt, et tout aussi souvent en petites cybales arrondies, qui stagnent longtemps, progressent avec lenteur, et finissent par s'ac-

cumuler dans le côlon pelvien et le rectum d'où elles sont expulsées difficilement.

. La *stase cæcale chronique*, ou constipation chronique ascendante, doit également être rangée dans notre premier groupe : elle a généralement pour cause la mobilité anormale du cæcum (J. Charles-Roux, P. Duval) de même que l'ectasie cæcale et de la péricolite membraneuse ou inflammatoire. D'autres auteurs la font dériver de l'atonie et de la dilatation secondaire du cæcum (Stierlin, Fischer) ou encore de sa torsion habituelle.

Pour Lane il s'agirait surtout de coudures ou de brides cicatricielles.

L'examen radioscopique renseigne sur l'ectasie cæcale de même que sur sa mobilité anormale, il peut ainsi révéler les brides cæcales, mais il ne renseigne pas sur l'existence des colites muco-membraneuses ou inflammatoires.

Le fait important qui conduit à l'indication chirurgicale est la stase cæcale qui peut durer plus de quarante-huit heures, et dont l'expulsion se fait lentement par petites fractions à peine visibles dans le transverse.

L'obstruction par le trop grand volume des matières ou par les corps étrangers est encore une cause de retard dans la traversée digestive; qu'il s'agisse de gros mangeurs dont l'intestin est relâché, ou qu'il s'agisse de sécheresse et de dureté des matières dues à une déshydratation prolongée ou à une insuffisance de graisse dans le régime.

L'obstruction par les corps étrangers est rare si ces corps ont pu franchir les autres parties du tube digestif : œsophage, estomac, pylore, valvule iléocæcale, et il y a plus de chances pour qu'ils donnent lieu à une ulcération ou une perforation qu'à une obstruction.

Le *rétrécissement du calibre de l'intestin* qui produit

un arrêt dans le cours des matières, relève au plus haut point de l'observation radioscopique.

Il peut être dû : 1° à une sténose organique; 2° à une coudure; 3° à une compression extrinsèque ; 4° à une invagination.

La sténose organique peut être congénitale, il s'agit alors d'occlusion du duodénum qui provoque des vomissements habituels, ou d'imperforation du rectum dont le diagnostic se fait « de visu » à la naissance.

La sténose duodénale se vérifie rapidement et facilement par l'examen radioscopique après la prise par le nouveau-né d'une à deux cuillerées à café de lait opaque. Elle commande l'intervention d'urgence.

La sténose organique est surtout acquise et résulte dans quatre-vingt-dix-neuf pour cent des cas de la présence d'un néoplasme de l'intestin.

Le *cancer de l'intestin*, cause fréquente de constipation, se manifeste à l'écran par une image incomplète résultant d'un remplissage imparfait de la cavité intestinale ou d'une répartition inégale de la préparation opaque.

En amont de la lésion, la bouillie barytée s'accumule dans des poches dilatées où elle se brasse avec des gaz qui y séjournent également. De plus, le cancer peut se manifester par des images lacunaires analogues à celles que l'on observe dans les néoplasmes gastriques. Son siège est varié, mais en dehors du cancer du rectum que nous étudierons plus tard, il siège surtout au niveau de l'anse sigmoïde (vingt-deux pour cent) ; du cæcum (huit à neuf pour cent); enfin on en a observé quelques cas au niveau du côlon ascendant et de l'angle hépatique, et quelques autres plus nombreux au niveau du transverse et de l'angle splénique.

Les *coudures de l'intestin* sont quelquefois observées chez le nouveau-né au niveau du côlon pelvien, mais

il est plus fréquent de les observer chez l'adulte à la suite de ptoses viscérales sur lesquelles la radioscopie nous renseigne exactement. La coudure siège souvent au niveau de l'angle iléo-splénique. Il est à remarquer qu'à la radioscopie, alors que la bouillie opaque séjourne en amont de la coudure, le liquide opaque fluide d'un lavement passe avec assez de facilité et parvient assez vite au cæcum. Cette constatation est en faveur d'une coudure, assez accentuée pour s'opposer au passage de matières épaisses, mais laissant passer une préparation plus fluide.

Les parties intra-abdominales de l'intestin sont rarement oblitérées par des compressions venant de tumeurs du voisinage ou d'organes voisins hypertrophiés. C'est au niveau du rectum que ces compressions se produisent le plus volontiers de même que les invaginations ont surtout pour siège cet organe et le côlon pelvien, ce qui rentre dans notre seconde catégorie.

B. — Constipations par impossibilité ou insuffisance de la défécation.

La traversée de l'intestin dans ces premières portions est normale, mais les matières sont retenues dans le côlon pelvien et le rectum. La radioscopie nous le montre : les fèces s'accumulent en amas volumineux amenant une distension parfois considérable des parties terminales de l'intestin (dyschésie, des auteurs anglais).

Cet état *dyschésique*[1] a parfois simplement pour cause une négligence habituelle de l' « appel à la défécation » par ignorance ou par paresse, par les douleurs que peuvent causer la présence d'hémorroïdes, de fissures, etc...

1. A. Hertz : *Constipation et troubles intestinaux*, traduction de Reboul. Paris, Masson édit. 1912.

L'insuffisance fonctionnelle des muscles volontaires de la défécation est une cause fréquente de dyschésie ; ces muscles sont les muscles de la paroi abdominale, les muscles du plancher pelvien, le diaphragme : atrophie et dégénérescence, faiblesse due aux affections cardiaques ou pulmonaires qui interdisent tous exercices physiques et immobilisent plus ou moins le diaphragme, faiblesse due à la tension intra-abdominale comme dans la grossesse, l'ascite ou de gros kystes de l'ovaire, faiblesse du plancher pelvien provoquée par l'accouchement ; autant de causes qui facilitent l'accumulation des matières dans les parties terminales de l'intestin alors que les rayons X nous montrent que le retard est nul dans les premières portions.

D'autres causes également peuvent intervenir, comme dans notre premier groupe : ce sont les sténoses fonctionnelles ou organiques du rectum ou de l'anus ; la dureté et le volume du bloc fécal, des compressions extrinsèques, enfin les invaginations recto-pelviennes.

La sténose peut avoir pour cause un spasme fonctionnel, mais elle résulte dans la très grande majorité des cas d'un *cancer du rectum*. Le diagnostic de cette dernière affection est facile : la radioscopie nous le montre allongé, déformé, réduit souvent à un canal plus ou moins rétréci, plus ou moins sinueux.

Quand l'obstruction est due au volume et à la dureté des matières fécales, celles-ci s'accumulent surtout au niveau de l'angle pelvi-rectal et forment une masse volumineuse dilatant l'anse sigmoïde et dans laquelle la bouillie comme le lavement opaque ne pénètrent qu'avec difficulté. Le rectum au contraire reste à peu près vide.

Quant aux compressions extrinsèques, elles viennent surtout des tumeurs de l'utérus ou de l'ovaire, cancers ou fibromes. L'utérus gravide en

rétroversion peut également agir dans le même sens, mais les autres symptômes cliniques de ces affections permettent de les diagnostiquer rapidement.

Les invaginations rectales ou pelvi-rectales sont des faits rares. Elles peuvent arriver jusqu'au prolapsus rectal; mais les rayons X n'ont pour les déceler qu'une importance secondaire et sont, à ce point de vue, inférieurs à la rectoscopie.

Telles sont, résumées en quelques lignes malheureusement trop courtes, les différentes causes qui peuvent déterminer ce trouble intestinal si commun, la constipation. La radiologie a puissamment contribué à les mettre en évidence et à les différencier chez le malade. Il ne doit plus y avoir aujourd'hui de traitement de la constipation sans examen radioscopique préalable; il faut connaître la cause et la nature de la constipation, ainsi que le segment intestinal qui en est principalement le siège. Un examen radioscopique bien fait conduira à des interventions thérapeutiques et chirurgicales précises; et le résultat des actes opératoires divers que peuvent nécessiter toutes les variétés de causes que nous avons passées en revue, peuvent et doivent également être contrôlés par la radioscopie.

Elle seule établira que la traversée digestive est redevenue normale; elle seule montrera que l'obstruction a disparu, que la sténose est supprimée, les brides et adhérences rompues et libérées et le libre cours des matières rétabli.

E. — LE FOIE ET LES VOIES BILIAIRES

La face supérieure du foie est facile à examiner : collée pour ainsi dire à la face inférieure de la coupole diaphragmatique droite, elle en suit tous les mouvements inspiratoires et expiratoires, et son examen en positions antérieure, postérieure, obliques

avec différentes incidences est facile et ne demande pas de préparation spéciale du sujet.

Il n'en est pas de même de sa face inférieure : confondue avec la masse des organes abdominaux dont son opacité est peu différente, on ne la distingue sur l'écran qu'accidentellement quand une masse gazeuse dilate l'angle hépatique du gros intestin. On est donc obligé, pour l'examiner, de la rendre visible par la distension de l'estomac et de l'intestin, et de recourir pour cela à une technique spéciale qui a été bien établie par Béclère.

Le malade aura été purgé la veille, et aura pris le matin de l'examen un grand lavement évacuateur. Il devra rester à jeun. Il sera examiné couché sur la table d'examen, l'ampoule sous la table.

La distension gazeuse de l'estomac sera réalisée en faisant absorber au malade une potion dite de Rivière et comprenant la prise successive d'abord d'une solution contenant quatre grammes de bicarbonate de soude et ensuite d'une deuxième contenant quatre grammes d'acide tartrique. Une abondante réaction gazeuse d'acide carbonique se produit dans l'estomac et gonfle l'organe, créant ainsi le long de la face inférieure du foie, surtout dans sa partie gauche, une zone claire qui en permet l'examen.

On distend ensuite le gros intestin en poussant à l'aide d'une longue canule un lavement d'au moins 500 centimètres cubes d'air dont l'image claire formée sur l'écran vient s'ajouter à celle de la distension gastrique et rendre ainsi visible toute la face inférieure du foie dans d'assez bonnes conditions.

1° **Aspect normal.** — Le bord supérieur du foie se confond avec l'ombre du dôme diaphragmatique droit; et toute la face supérieure de l'organe peut sensiblement s'explorer, en élevant et en abaissant l'ampoule de manière à faire varier l'incidence et

en pratiquant l'examen dans toutes les positions

De profil la convexité du foie se voit parfaitement elle forme un arc de cercle dont la corde passan par les points les plus déclives des sinus costo-dia phragmatiques, aurait une flèche de sept à huit centimètres.

Le bord inférieur se voit après la distension gazeuse de l'estomac et de l'intestin, sous l'aspect d'une ligne

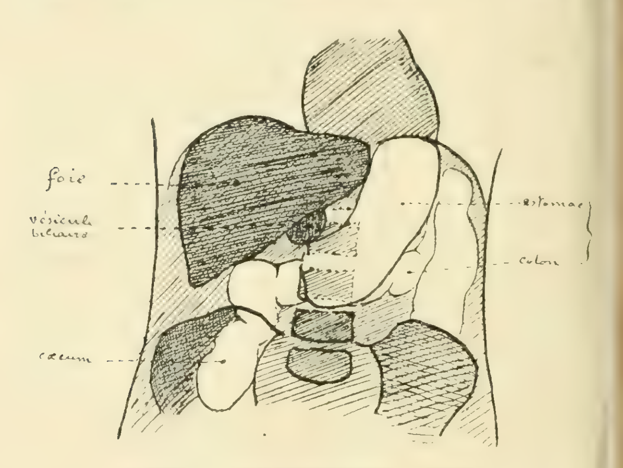


Fig. 60. — Foie et Vésicule biliaire. (Schéma.)

dont la direction générale est oblique de haut en bas et de gauche à droite. Il répond successivement à l'estomac, au duodénum, à l'angle iléo-hépatique du gros intestin (fig. 60).

2° **Aspects pathologiques du foie.** — La mobilité du foie peut être troublée par toutes les causes qui peuvent amener l'immobilité du diaphragme : affections pleurales et pulmonaires qui tendent à refouler le foie en bas alors que les affec-

tions abdominales (météorisme, tumeurs, grossesse, etc...) tendent à le soulever vers le thorax.

L'atrophie et l'hypertrophie du foie sont visibles à la radioscopie : la constatation de l'hypertrophie hépatique a son importance quand elle est liée chez l'enfant à la symphyse cardiaque. On constate que l'hypertrophie se développe par la partie inférieure abdominale et que, sauf dans les abcès ou les kystes hydatiques, le bord supérieur n'est pour ainsi dire pas surélevé.

Certaines malformations du foie sont visibles à la radioscopie, mais l'interprétation en est délicate.

Kystes hydatiques du foie. — Le kyste hydatique, qu'il n'est pas toujours facile de bien voir à la radioscopie, se caractérise par une image arrondie, régulièrement circulaire, que l'on peut apercevoir en plein tissu hépatique sous l'aspect d'une masse ronde plus opaque que le reste de l'ombre hépatique, ou apparaissant en saillie arrondie sur l'un des bords de l'organe. Le bord supérieur présente une *déformation en dôme*; au niveau du bord inférieur, la saillie arrondie déforme la direction générale de ce bord en lui donnant un aspect polycyclique irrégulier.

Le foie est toujours hypertrophié.

Après l'opération du kyste, il se développe fréquemment dans la poche kystique, des épanchements hydro-aériques qui ont été bien étudiés en France par MM. Chauffard et Ronneaux et dont le diagnostic et l'évolution sont contrôlés rigoureusement par la radioscopie.

Abcès du foie. — Quand la collection de l'abcès est centrale, on observe à la radioscopie une hypertrophie de l'organe, une déformation assez irrégulière en dôme ou en pain de sucre de la coupole hépatique, ainsi que les troubles de la motilité.

Quand l'abcès siège à la face supérieure convexe, ces caractères s'accentuent et l'inflammation se propageant a la plèvre diaphragmatique provoque un effacement des sinus, souvent une réaction pleurale et quelquefois même une réaction pulmonaire.

A la face inférieure les caractères sont moins nets et le diagnostic d'autant plus délicat.

Abcès sous-phréniques. — Ils peuvent exister sans qu'il y ait participation du tissu hépatique. Ils soulèvent alors le diaphragme d'une *façon excessive* parfois jusqu'à l'omoplate, et dessinant des contours bien réguliers qui le différencient nettement de l'irrégularité des contours des abcès du foie.

Le diagnostic, avec la pleurésie purulente, est parfois difficile. La ponction suivie d'une injection d'air (Achard) résout le problème en montrant la collection gazeuse sus ou sous-diaphragmatique (abcès gazeux sous-phrénique); le liquide s'étale horizontalement dans la pleurésie purulente, alors que le diaphragme s'isole sous la forme d'un mince arc de cercle dans l'abcès sous-phrénique.

Voies biliaires. — La vésicule biliaire, normalement, n'est pas visible à l'examen radiologique.

Exceptionnellement, lorsqu'elle est dilatée, son ombre dépasse la ligne du bord inférieur du foie, elle devient alors visible dans l'espace angulaire que forme l'ombre de la colonne vertébrale et le bord inférieur du foie.

Quant aux calculs biliaires, ils ne peuvent être décelés que par la radiographie : encore faut-il qu'ils ne soient pas constitués de cholestérine pure ou de sels biliaires, mais de cholestérine entourée de couches calcaires stratifiées. « La nécessité imposée aux « calculs biliaires de contenir du calcium pour être « révélés par la radiographie, dit M. Béclère, telle

« est la loi physico-chimique à laquelle viennent se « heurter le plus souvent les efforts des médecins « radiologistes. On peut prévoir qu'à l'avenir comme « par le passé, la recherche des calculs biliaires sera « suivie de succès seulement par exception, et que « jamais d'un examen négatif on ne devra tirer aucune « conclusion. »

CHAPITRE IV

Exploration radiologique de l'appareil urinaire

Le rein. — La radioscopie est généralement impuissante à déceler le rein. La radiographie seule, à condition d'employer une technique impeccable, permet de reconnaître une ombre légère de forme ovale allongée dont le pôle inférieur arrive au niveau de l'apophyse transverse de la troisième vertèbre lombaire, et dont le pôle supérieur disparaît sous l'ombre du foie et des fausses côtes.

Le sujet doit être examiné couché, les cuisses fléchies sur le bassin et les genoux repliés de manière à bien appliquer la colonne lombaire sur la plaque. On fera usage du compresseur et l'on centrera l'ampoule à quatre ou cinq centimètres en dehors du corps de la première lombaire, à droite ou à gauche selon que l'on veut obtenir l'image de l'un ou de l'autre rein. On emploiera des rayons mous, et l'on fera usage de l'anti-diffuseur pour éliminer le rayonnement secondaire. De plus le malade devra retenir absolument sa respiration pendant la pose.

Malgré toutes ces précautions, l'image du rein n'apparaît pas toujours avec la netteté désirable.

Une injection de collargol poussée dans les uretères permet de différencier ces conduits, d'autre part d'apercevoir l'image du bassinet qui présente l'aspect d'une dilatation ampullaire, ramifiée, plus ou

moins festonnée, un peu comme une fleur de chèvre-feuille.

A l'état pathologique la présence de calculs dans le bassinet ou dans l'uretère est assez facilement décelée par la radiographie, car ils sont souvent imprégnés d'éléments minéraux (oxalate, phosphate, carbonate de chaux) dont le poids atomique élevé favorise la découverte; mais ils peuvent aussi être formés de composés organiques qui les rendent plus invisibles. Comme pour les calculs biliaires, leur visibilité dépendra avant tout de leur teneur en sels minéraux.

Leurs contours en sont généralement nets, mais leur forme et leur volume sont variables. La visibilité de l'ombre au rein permettra leur localisation ; dans le cas contraire, il sera indispensable de passer une sonde opaque dans l'uretère.

Ces précautions ne feront d'ailleurs pas disparaître les causes d'erreurs. Les travaux d'Arcelin ont précisé les conditions dans lesquelles l'état pathologique du rein pouvait être déduit de l'examen radiographique des calculs. Lorsque ceux-ci sont petits, isolés, localisés au bassinet, le rein malade est généralement aseptique ou peu infecté, tandis que les calculs ramifiés, tassés, multiples, se rencontrent chez les malades infectés. Il faut néanmoins se garder de toute interprétation catégorique, car les causes d'erreur sont nombreuses.

En effet, les scybales (matières fécales durcies et agglomérées en petites boules desséchées), les corps étrangers, quelques concrétions calcaires, suites de cicatrisation d'un processus purulent, les calculs biliaires ou pancréatiques, les coprolithes et l'agglomération de certains médicaments comme le bismuth, pour ne citer que les principales, peuvent donner des ombres analogues à celles que peuvent fournir les calculs du rein. On voit combien la prudence s'im-

pose. Dans de nombreux cas, la radiographie stéréoscopique pourra fournir des constatations intéressantes.

Dans l'uretère les calculs sont déterminés de la même façon que dans le bassinet. La sonde opaque, que l'on y fait pénétrer venant à buter contre le calcul, indique sa situation exacte.

La *vessie* n'est que peu justiciable de l'exploration radiologique. Son siège, derrière le pubis et en avant du sacrum, la rend difficile à isoler. La cystoscopie est pour cet organe la méthode d'examen de choix. Cependant la radiographie peut rendre des services pour déceler quelque calcul diverticulaire ou enfoui dans un repli de la muqueuse.

Leur taille est souvent grande et leur forme régulièrement arrondie ou ovoïde.

La forme même de la vessie est mise en évidence par l'injection d'une solution de collargol qui permet de préciser sa situation exacte et ses rapports dans les cas où elle pourrait subir des déplacements du fait d'un organe voisin hypertrophié ou d'une tumeur du petit bassin.

CHAPITRE V

Exploration du squelette.

Autant il nous a paru nécessaire d'user avant tout de la méthode radioscopique pour l'étude générale et pathologique des viscères, fonctions de la vie animale, autant l'étude du squelette exige-t-elle par-dessus tout la *méthode radiographique.*

Nous savons que l'œil du meilleur observateur est, pour des raisons inconnues, un organe moins sensible à la fluorescence radiologique que la plaque photographique : les fins détails de la structure osseuse, la superposition des ombres dues aux différentes aspérités du squelette, principalement aux épiphyses des os longs, les contours mêmes des os profondément situés, les lésions légères du système osseux, ne sont fixés par la rétine que d'une façon assez grossière et manifestement insuffisante.

La fixation de ces différentes images sur le cliché radiographique donne au contraire une précision parfaite de la forme des contours, de la structure et des rapports des os comme aussi des articulations; et les perfectionnements de la technique sont devenus tels que la radiographie constitue le procédé de choix aussi bien pour l'exploration du squelette que pour celle du système articulaire.

La prise des clichés en radiographie osseuse n'offre en général pas de grandes difficultés, sauf pour cer-

taines parties du squelette qui sont soit profondément situées, soit masquées par d'autres pièces osseuses, et qu'il est difficile d'isoler pour en obtenir des images nettes.

Pour les différents segments du membre supérieur : main, poignet, avant-bras, coude et bras, pas de difficultés réelles, sauf peut-être pour le poignet.

La physiologie des os du carpe est en effet assez spéciale, et leur radiographie, comme la lecture des clichés qu'ils donnent, demande une certaine habitude.

La radiographie des différents segments du membre inférieur se fait aussi assez facilement.

L'épaule est plus difficile à fixer ; la hanche, région où l'épaisseur des parties molles est assez considérable, n'est pas non plus toujours facile à obtenir avec de fins détails.

La colonne vertébrale offre différents segments : vertèbres cervicales, dorsales et lombaires, dont la radiographie soulève de très réelles difficultés.

La tête enfin offre une telle complexité, une telle superposition de parties osseuses les unes sur les autres, que si la prise des clichés n'est pas spécialement difficile, leur lecture et leur interprétation ne peuvent être faites que par un radiologiste éprouvé.

La technique générale de la radiographie du squelette est la même pour toutes ses parties, sauf quelques modifications de détail suivant les régions :

Le membre à radiographier est placé dans la position voulue sur la plaque, munie ou non d'un écran renforçateur [1]. L'ampoule est placée au-dessus à une

1. Nous ne conseillons l'emploi de ce dernier que pour les régions épaisses nécessitant des temps de pose assez longs. Chaque fois que l'on pourra s'en passer, on fera bien, car son emploi donne au cliché un certain granité qui nuit aux détails de la structure osseuse. Cependant l'introduction récente dans la pratique, de films sensibilisés des deux côtés et placés entre deux écrans, supprime cet inconvénient.

distance qui peut varier, mais que l'on fera bien d'adopter fixe une fois pour toutes afin de diminuer les causes d'erreur.

Nous avons adopté dans notre pratique courante la distance de soixante centimètres qui nous paraît convenable pour ne pas avoir de déformations appréciables de l'image, sans trop éloigner l'ampoule de la plaque et ne pas trop augmenter les temps de pose de ce fait. Mais certaines circonstances peuvent nous obliger à faire varier cette distance.

Deux conditions générales sont avant tout indispensables à la prise correcte des radiographies :

1° L'immobilisation parfaite de la région à radiographier ;

2° L'incidence convenable de l'ampoule pour bien isoler la partie du squelette dont on veut obtenir l'image : le centrage de l'ampoule dépendant en grande partie de cette incidence.

Nous indiquerons pour chaque région, au cours de l'exposé qui va suivre, la meilleure position à donner à la région examinée, ainsi que l'incidence la plus correcte de l'ampoule de manière à obtenir des clichés dont la lecture et l'interprétation soient faciles.

A. — Membre supérieur.

Nous avons dit que l'examen radiographique du membre supérieur n'offrait pas de difficultés : la main, l'avant-bras, le coude, le bras, se photographient de face ou de profil, en pronation ou en supination.

En ce qui concerne le poignet, ou pour parler plus correctement les os du carpe, on sait qu'on les divise généralement en deux rangées, la première comprenant le trapèze, le trapézoïde, le grand os et l'os crochu ; la seconde, le scaphoïde, le semi-lunaire, le pyramidal et le pisiforme.

Il serait plus logique de les grouper, comme le commanderait la physiologie de la main, en deux colonnes : l'une externe en relation avec les mouvements du pouce et constituée par le trapèze articulé avec le scaphoïde et le premier métacarpien ; l'autre interne, en relation avec les mouvements des quatre autres doigts de la main et comprenant le grand os

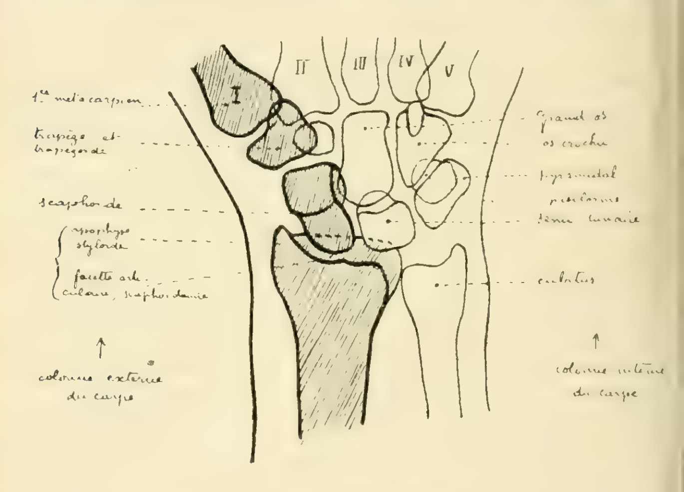


Fig. 61. — Le carpe avec ses deux colonnes.
L'externe (pouce) en ombré ; l'interne (main) en clair.

et le semi-lunaire, avec, en dedans, le pyramidal et l'os crochu — le trapézoïde et le pisiforme étant des os accessoires (fig. 61).

La connaissance de ces fonctions oblige le radiologiste à prendre parfois des radiographies du poignet de profil en appuyant la main sur le bord radial, ce qui nécessite un dispositif spécial, l'avant-bras étant en pronation forcée.

Au bras, comme à l'avant-bras, comme d'ailleurs

au membre inférieur, l'image d'un os long comporte l'image de la diaphyse dont la partie périphérique est formée de tissu plus compact, plus foncé par conséquent que la partie centrale, et l'image des épiphyses plus transparente dans laquelle le fin réseau des mailles du tissu spongieux des épiphyses se distingue souvent avec une grande netteté.

Le périoste; tissu beaucoup moins dense, non imprégné de sels calcaires, ne se voit pas sur la radiographie

L'image de *l'articulation du coude* est particulièrement difficile à interpréter lorsqu'il est pris de profil, car l'extrémité inférieure de l'humérus, les projections de l'épicondyle, de l'épitrochlée, de la trochlée, des cavités de l'olécrane et de l'apophyse coronoïde se superposent. Il faut avoir grand soin de faire appuyer sur la plaque la partie du coude spécialement lésée si l'on ne veut pas faire d'erreurs d'interprétation. Les positions étant parfois fort incommodes, il y aura lieu de faire des radiographies en soutenant la plaque verticalement et en appuyant contre elle la partie contusionnée ou fracturée.

L'articulation de l'épaule doit être radiographiée en dégageant le contour de la tête humérale de la projection de l'acromion qui la masque souvent.

Il faut centrer l'ampoule au niveau de la dépression sous-acromiale, en la dirigeant un peu obliquement vers l'extrémité du membre, en tenant le bras allongé le long du corps. L'image obtenue est un peu déformée, mais les contours de la tête de l'humérus se dégagent avec netteté.

B. — **Le membre inférieur**.

L'image des métatarsiens et des phalanges s'obtient en mettant le pied en extension à plat sur la plaque. Mais les os du tarse, et en particulier les

articulations médio-tarsiennes et tarso-métatarsiennes s'obtiennent beaucoup plus nettement en radiographiant le pied par sa face dorsale, cette dernière étant située contre la plaque, le rayonnement pénétrant par la face plantaire, ce qui peut s'obtenir très facilement. Il faudra toujours compléter son observation par une vue latérale.

Le genou se prête facilement à l'examen dans toutes les positions : il n'en est pas de même de la hanche. Pour éviter les déformations résultant d'une rotation trop accentuée du fémur en dedans et surtout en dehors, il faut bien veiller à ce que le pied soit vertical ; le malade étant couché sur le dos, centrer l'ampoule sur le milieu de l'arcade crurale un peu en dehors d'elle.

La hanche peut aussi se radiographier de profil, ainsi que l'a démontré récemment Arcelin, la plaque est alors appliquée à la face externe de l'articulation, le rayonnement pénétrant par la face supérieure et interne de la cuisse, l'autre membre étant relevé et les testicules bien protégés.

C. — La tête.

Il faut prendre la précaution, pour radiographier la tête de profil, c'est-à-dire pour avoir une bonne image de la base du crâne, de placer le plan de la face du sujet bien perpendiculairement au plan de la plaque, et l'immobiliser soigneusement dans cette position. On centrera l'ampoule en avant du tragus, le rayon normal passera de la sorte par la selle turcique, siège de l'hypophyse.

La radiographie de la tête de face exige une position peu commode pour le sujet : le front et le nez doivent être appliqués sur la plaque. Pour cela, le sujet doit être couché sur le ventre ; la plaque sera inclinée suivant le plan fronto-nasal, et l'ampoule

située en arrière sera centrée avec l'inclinaison voulue immédiatement en arrière de l'occiput.

La lecture et l'interprétation des clichés de la tête, que ce soit de face ou de profil, est difficile.

Les tumeurs hypophysaires déforment et agrandissent la selle turcique, qui normalement a une forme assez régulièrement ovalaire, présentant comme dimensions dix à quinze millimètres dans le sens antéro-postérieur, et huit à dix de profondeur; et qui dans les cas de tumeurs de l'hypophyse ou d'acromégalie peut atteindre des dimensions doubles, quelquefois triples, et présenter des déformations et des irrégularités importantes, constituant un élément capital de diagnostic.

La plupart des autres tumeurs sont invisibles. Cependant nous avons vu un cas où une tumeur cérébrale du volume d'une mandarine était parfaitement visible de face et de profil. Il s'agissait d'un psammòne volumineux (tumeur imprégnée de sels calcaires) dont l'excellente radiographie de Delherm facilita beaucoup l'extraction.

Les fractures de la base du crâne ou des os de la face, sont souvent peu visibles en raison des superpositions osseuses, mais l'état des sinus est souvent révélé par la radiographie. Une sinusite, en effet, se manifeste par une diminution de transparence particulièrement appréciable pour les sinus maxillaires dont les contours sont les plus nets. Cette diminution de la transparence peut aller jusqu'à l'opacité complète quand le sinus est rempli de pus. La comparaison avec le côté opposé permettra de juger plus facilement du degré de l'opacité du sinus malade.

D. — Colonne vertébrale.

La colonne vertébrale comprend plusieurs régions :

Les *vertèbres cervicales*, qui se radiographient de

face et de profil. De face, il faut mettre la tête en extension et la plaque derrière le cou, sur un plan incliné de manière à être en contact aussi direct que possible avec la colonne vertébrale. Encore les deux premières vertèbres, l'atlas et l'axis sont-elles en général peu visibles. On les obtient en les radiographiant à travers le pharynx, le sujet ayant la bouche maintenue ouverte le plus largement possible.

Les vertèbres cervicales sont plus facilement obtenues de profil, mais encore faut-il avoir soin d'insinuer le bord inférieur de la plaque aussi profondément que possible dans le creux sus-claviculaire, le sujet étant couché sur le côté.

Les *vertèbres dorsales* sont difficiles à obtenir nettement. De face, on est gêné par les ombres du sternum, du cœur et de l'aorte qui se projettent les unes sur les autres ; et, de profil, par l'ombre de l'articulation de l'épaule, de l'omoplate et des masses musculaires.

De face, il faut nécessairement, au moins chez l'adulte, user de l'anti-diffuseur ; il permet d'obtenir de bons clichés de la colonne dorsale. Le profil doit être remplacé par une radiographie en position oblique qui, comme pour l'examen du cœur, dissocie l'ombre médiane. Mais l'immobilisation en position convenable est difficile à obtenir.

Par contre la *colonne lombaire*, qui n'a devant elle que les masses intestinales et des parties molles, s'obtient très bien, avec des clichés très purs, surtout si l'on fait usage de l'anti-diffuseur.

Il devient de plus en plus d'usage de photographier la colonne vertébrale, non pas en position couchée, mais bien debout, en mettant la plaque derrière le sujet, dans une position rigoureusement verticale. De cette façon on a une image beaucoup plus précise et beaucoup plus réelle des diverses déviations de la colonne. Déviations qui sont toujours plus ou moins

atténuées en position couchée, qui ne correspond pas à la situation normale de la colonne.

Le *sacrum* est obtenu comme les vertèbres lombaires, le sujet étant couché, les jambes étendues.

La radiographie de *la cinquième vertèbre lombaire*, si souvent incriminable dans les scolioses congénitales, ne peut être obtenue qu'en soulevant le bassin, en faisant fléchir fortement les cuisses et les genoux et en portant l'ampoule en arrière tout en dirigeant le feu de l'anticathode en avant. Ce n'est qu'en procédant de la sorte qu'on obtiendra bien l'interligne sacro-vertébral, et qu'on ne sera pas tenté de croire à la trop grande fréquence de la sacralisation de cette vertèbre.

Les anomalies osseuses.

I. **Fractures.** — Ce fut certainement une des premières applications de la radiographie que d'apporter au diagnostic des fractures la précision et l'objectivité de ses constatations.

Grâce aux rayons X, le diagnostic positif des fractures (quelquefois très difficile par la clinique en raison du gonflement et de la douleur), le nombre des fragments osseux de même que leur situation respective, n'eurent plus de secrets pour le chirurgien.

Nombre de fractures sont directement observables à l'écran, par la radioscopie. Cela permet d'aller plus vite, de vérifier plus souvent la position des fragments, d'examiner le membre sous différentes incidences, en évitant souvent au blessé les attitudes douloureuses que nécessite la prise d'un cliché ; mais pour l'observation des fins détails, pour la précision des contours d'un trait de fracture, la radiographie est imbattable, et si l'on prend soin de faire une radiographie stéréoscopique on atteindra le maximum

de précision. Aucun autre procédé d'investigation ne saurait lui être comparé.

Nous ferons toutefois une réserve pour les fractures de côtes et de certains os de la face que les rayons X, à cause de certaines difficultés techniques, ne permettent pas toujours de constater facilement.

Les conditions dans lesquelles une fracture est décelée par la radiographie ne sont pas toujours les mêmes selon que l'incidence du rayon normal tombe



Fig. 62. — Différences dans la projection radiographique d'un trait de fracture sur une plaque, suivant l'incidence de l'ampoule.

ou ne tombe pas sur le trait de fracture lui-même. On peut, soit apercevoir un espace clair séparant les deux fragments de l'os, soit un ou deux traits sombres plus ou moins sinueux, indiquant le chevauchement des fragments, ou leur pénétration réciproque.

La figure 62 montre combien les différentes incidences du rayon normal peuvent, sur une plaque, faire varier l'aspect et même la position du trait de fracture.

De plus, quand il s'agit de fractures d'os isolés, comme les os du carpe dont les contours chevauchent parfois les uns sur les autres, l'interprétation d'un cliché pourra offrir quelques difficultés.

Chez les sujets jeunes, dont l'ossification complète n'est pas achevée, les lignes épiphysaires peuvent être une cause d'erreur d'interprétation : signalons

aussi certaines lignes sinueuses normales comme celle de la tête du tibia, celle de la malléole externe, ou celle de la tête du radius, certains sillons osseux, les calcifications de certains tendons (biceps, tendon d'Achille) : autant de causes qui peuvent troubler la lecture d'un cliché pour un radiologiste peu expérimenté. Mais on doit dire en fin de compte que la radiographie apporte dans le diagnostic des fractures un élément d'évidence indiscutable. Elle caractérise le genre de fracture auquel on a affaire, elle offre en outre le précieux avantage d'éviter tout déplacement ou toute manœuvre entraînant de la douleur, permet l'examen à travers les vêtements, les pansements ou les bandages, permet de porter un pronostic rapide, d'établir de suite le traitement le plus judicieux et de contrôler ses effets.

L'étude du cal dans la consolidation des fractures relève également au plus haut point de la radiographie.

Dans les premiers stades de sa formation, le cal n'apparait pas sur les clichés ; ce n'est qu'au bout d'un certain temps, lorsque les sels minéraux s'y sont déposés qu'on peut en apprécier sa formation qui apparaît comme un nuage léger autour des extrémités osseuses fracturées.

S'il n'y a pas de chevauchement latéral, on constate au niveau de l'extrémité des fragments, un renflement qui affecte la forme d'un manchon globuleux, puis fusiforme.

On aperçoit assez souvent entre les fragments des travées plus opaques, de véritables ponts osseux jetés entre eux, se détachant en lignes plus grises sur le reste du cal. Ces formations semblent répondre à de petits fragments osseux qui ont été détachés par le traumatisme et servent de centres de prolifération pour la régénération osseuse du cal.

Lorsqu'au contraire le chevauchement latéral des fragments est assez considérable, ceux-ci peuvent se

réunir latéralement, le cal se produit alors sur les côtés des fragments en laissant les extrémités libres, lesquelles se déminéralisent de même que le squelette sous-jacent au foyer de fracture (Hennequin et Lœwy).

II. **Affections osseuses.** — Un certain nombre d'affections osseuses se caractérisent par des modifications importantes dans la structure même du tissu osseux, et présentent souvent un aspect assez net sur la plaque radiographique. Ce sont la tuberculose osseuse, l'ostéomyélite, la syphilis, le rachitisme, l'ostéomalacie, la maladie de Paget, les tumeurs osseuses.

La *tuberculose osseuse* siège surtout au niveau des os courts et des épiphyses des os longs. L'*ostéite tuberculeuse* se caractérise par une raréfaction du tissu osseux : l'aspect de l'os est plus clair que celui de l'os sain, les travées osseuses épiphysaires toujours bien visibles sur une bonne radiographie se désagrègent, deviennent irrégulières, déformées ; ce sont des lésions destructives ; des taches claires s'accusent, des cavernes se creusent dans l'intérieur même de l'os.

On constate rarement une prolifération du tissu osseux ; les contours sont creusés d'encoches anormales, l'os apparaît comme déchiqueté.

Au niveau du squelette des doigts, l'ostéite tuberculeuse porte le nom de Spina ventosa ; ses caractères radiographiques varient avec le stade évolutif auquel se fait l'examen. Au début il s'agit surtout d'une périostite qui développe autour de l'os une gaine plus ou moins épaisse ; l'os s'élargit, se déforme et ses contours deviennent irréguliers. Puis on observe des modifications profondes dans la structure même du tissu osseux qui devient alvéolaire, se creuse de cavités anormales qui donnent des taches claires sur les clichés, taches entourées de cloisons plus sombres.

L'os prend un aspect *soufflé*. Enfin on peut observer des esquilles plus ou moins adhérentes au corps de la diaphyse osseuse.

Il faut distinguer le spina ventosa tuberculeux du spina ventosa syphilitique héréditaire ou du spina ventosa sporotrichosique dans lesquels les lésions sont généralement moins intenses et qui se caractérisent par de l'ostéite raréfiante et dont l'aspect se différencie difficilement des autres formes. Le spina sporotrichosique s'observe d'ailleurs surtout chez l'adulte et s'accompagne souvent de nécrose osseuse.

L'*ostéomyélite* se manifeste au début par une raréfaction osseuse, puis se constitue une hyperostose qui s'étend rapidement : la diaphyse osseuse augmente d'épaisseur, devient irrégulière et se déforme par suite du décollement du périoste.

Lorsque l'abcès médullaire se forme, on constate la présence d'une zone claire généralement à l'union de la diaphyse et de l'épiphyse. Le foyer peut être unique, mais il n'est pas rare de rencontrer plusieurs petits foyers diaphysaires qui peuvent devenir confluents et donner à l'os un aspect déchiqueté.

On constate fréquemment la formation de séquestres qui peuvent être volumineux : la radiographie les montre nettement. Cet état peut s'accompagner de fractures spontanées dont la cause est subtile et qui se produisent généralement quand on soulève le membre pour faire un pansement ou pour changer le malade de position.

La *syphilis* des os est une manifestation fréquente de la syphilis héréditaire. On l'observe chez les enfants où elle se présente sous forme d'épaississement périphérique de l'os constituant une gaine épaisse le long de la diaphyse des os longs. C'est donc encore là une hyperostose diffuse à laquelle succède parfois un foyer nécrosé, ce qui est toutefois assez rare.

Le tibia, les os de l'avant-bras, les os du crâne, sont les sièges les plus fréquents de l'hyperostose syphilitique héréditaire.

Au niveau des os de la face on constate fréquemment des pertes de substance sans que ce phénomène ait été précédé de la prolifération caractéristique de l'hyperostose.

La lésion la plus caractéristique de la syphilis héréditaire consiste en un ostéo-chondrôme des os longs, lésion presque toujours symétrique, caractérisée par une calcification irrégulière de la région épiphysaire détruisant la netteté et la régularité arquée des zones d'ossification normales, donnant l'aspect de dentelures festonnées s'enchevêtrant les unes dans les autres, et aboutissant souvent aux décollements épiphysaires tels qu'on les rencontre dans la maladie de Parrot, où le syphilôme ayant envahi la couche ostéoïde, celle-ci subit les progrès de l'ostéite raréfiante, l'atrophie gélatiniforme, puis puriforme, jusqu'au décollement épiphysaire.

Dans l'hérédo-syphilis tardive se retrouvent les mêmes lésions d'ostéite hyperostosique et déformante résultant d'un processus dominant de réparation, de même qu'une forme raréfiante avec nécrose et ulcération aboutissant à la segmentation de l'os.

Toutes ces lésions apparaissent sur la plaque, mais leurs caractères différentiels ne sont pas assez nets pour établir un diagnostic positif en dehors de la clinique et des examens de laboratoire.

La *syphilis acquise* se manifeste le plus souvent au moment de la période secondaire de la maladie. Les troubles de la minéralisation qu'elle présente la rendent très visible à la radiographie ; elle se caractérise comme tant d'autres affections osseuses par une prolifération hyperostosique qui arrive à doubler et même tripler l'épaisseur normale de la diaphyse des os longs, en même temps que des zones claires

apparaissent dans le corps de l'os. Le périoste s'épaissit, l'os est envahi par une trame scléreuse épaisse, véritable expansion périostique.

Quand il se produit des syphilômes, ils se forment généralement aux dépens de la cavité médullaire; s'ils sont limités, la coque diaphysaire reste indemne et un processus scléreux se produit qui arrête la marche de la lésion. Mais si la syphilis progresse, on observe alors une raréfaction de la partie profonde de la coque diaphysaire, puis une réaction de défense qui se manifeste par une sécrétion sous-périostique plus ou moins abondante qui s'oppose à l'irritation centrale et lui est proportionnelle ; et si la résistance est la plus faible, la lésion progresse, la barrière osseuse est perforée, puis détruite, et il se produit alors des fractures dystrophiques plus ou moins spontanées.

Les lésions de la syphilis secondaire ou tertiaire sont assez superposables à celles de l'hérédo-syphilis tardives.

Le *rachitisme*, qu'il est plus habituel de rencontrer chez l'enfant que chez l'adulte, est une affection qui atteint le système osseux dans des proportions qu'il est difficile d'établir, car nombre d'altérations osseuses ont été rangées sous ce vocable, il n'y a encore que peu d'années.

La radiographie nous renseigne assez bien sur les déformations rachitiques, montre le siège exact des incurvations et des épaississements osseux ; elle montre les troubles considérables d'ossification caractérisés par des zones de transparence anormale alvéolaire avec raréfaction plus grande au niveau de la convexité de la courbure osseuse, accompagnée de condensation du côté de la concavité. M. Marfan a insisté sur les calcifications cartilagineuses qui présentent des troubles analogues à ceux de la syphilis héréditaire.

L'*ostéomalacie* se caractérise également par des incurvations osseuses considérables avec des fractures partielles au niveau du sommet de la courbure du côté de la convexité. Il y a une atrophie considérable du tissu osseux. l'os apparaît comme creusé de larges alvéoles, et constitué seulement par une fine trame à mailles plus ou moins arrondies et plus ou moins grandes. L'ostéomalacie n'affecte pas que les os longs : le bassin, la hanche et la région lombaire y sont sujets ; la radiographie en devient difficile dans ces régions épaisses par suite de l'extrême déminéralisation qui rend ces régions osseuses trop perméables aux rayons.

Chez les vieillards l'affection porte surtout sur les côtes, le sternum, les os courts et spongieux, ainsi que sur la colonne vertébrale.

La *maladie osseuse de Paget* est une ostéite déformante à marche progressive qui imprime au squelette des modifications comparables à celles de la syphilis héréditaire tardive (Lannelongue). Elle se produit par poussées irrégulières envahissant toute la charpente osseuse et produisant des épaississements ostéophytiques jusque sur la colonne vertébrale et les os du crâne. Mais les déformations les plus nettes siègent au niveau des os longs : raréfaction osseuse sur certains points, condensation sur d'autres, bouleversement complet des systèmes lamellaires, incurvations diaphysaires, développement considérable d'hyperostoses compactes, sous-périostées ou parenchymateuses ; la radiographie montre à nu toutes ces lésions.

Les *tumeurs osseuses.* — L'ostéo-sarcome est la tumeur la plus typique et la plus habituelle du tissu osseux.

La radiographie peut renseigner dès le début sur le diagnostic du sarcome des os et même sur le diagnostic différentiel de sa variété.

Les chirurgiens classent en effet les ostéo-sarcomes en deux variétés selon leur siège.

Le *sarcome central* qui se caractérise par une zone claire siégeant dans la diaphyse osseuse dont la structure paraît indéterminée et vague ; il évolue vers la périphérie, où il ne tarde pas à produire une sorte de bosse due au soulèvement du périoste par la prolifération cancéreuse.

Le *sarcome périphérique* ou périostique se manifeste avant tout par une déformation des contours de l'os. Il a tendance à englober comme dans une gaine, la diaphyse osseuse ; il en altère la forme qui devient irrégulière, dentelée, déchiquetée. La raréfaction du tissu osseux est souvent considérable. Mais le diagnostic différentiel ne peut être fait qu'au début, car dès que la tumeur a atteint un certain développement il devient impossible de donner une opinion précise, d'autant plus que lorsqu'il s'agit d'un cancer développé en dehors de l'os, la radiographie peut être négative et ne se révèle parfois que par la courbure provoquée d'un os voisin.

Le *carcinome* de l'os est rare, il est généralement secondaire et la radiographie montre des images lacunaires disséminées, sans contours nets, avec des déformations et un certain degré d'hyperostose.

Les *ostéophytes.* — Les productions ostéophytiques sont constituées par des exostoses périostiques qui peuvent prendre parfois un développement inattendu et affecter les formes les plus diverses : leur structure les montre constituées de tissu analogue au tissu osseux. Elles se rencontrent un peu partout et sont souvent consécutives à une infection ou à une irritation ostéo-périostique.

Les *exostoses ostéogéniques* d'origine cartilagineuse se montrent parfois sous l'aspect de tumeurs volumineuses siégeant surtout aux extrémités des os longs là où a pu persister du tissu cartilagineux. Leur struc-

ture ne diffère pas sensiblement des ostéophytes d'origine périostique et rappelle celle du tissu spongieux de l'os, mais elles affectent les formes les plus diverses, formant de gros bourrelets, ou se séparant en plusieurs branches, parfois passant à la façon d'un pont, d'un os à l'autre, avec des ramifications multiples. Leur nombre est également des plus variables, on en a compté jusqu'à 150 chez le même sujet.

Les affections articulaires.

Il faut avoir bien présente à l'esprit l'image normale d'une articulation saine pour pouvoir lui comparer avec fruit l'image d'une articulation malade. Aussi on agira sagement en ayant bien soin de radiographier toujours le côté sain quand on soupçonnera une lésion articulaire, de manière à pouvoir facilement faire la comparaison.

L'image radiographique d'une articulation ne donne uniquement de renseignements que sur l'état des contours osseux des différentes surfaces articulaires. Ni les cartilages articulaires, ni les ligaments, ni la capsule ne sont visibles sur la plaque. On a parlé de rendre ces parties plus dissociables et plus visibles en insufflant de l'oxygène dans la séreuse articulaire. Cette pratique facilite en effet l'étude radiographique des articulations, mais elle présente pour l'articulation insufflée de tels inconvénients qu'il est préférable de s'en abstenir complètement.

C'est donc uniquement par l'étude de l'écartement des différentes surfaces articulaires, par l'appréciation des contours osseux, auquel se joint également l'appréciation de la structure osseuse, que l'on pourra porter un jugement sur une articulation.

Entre chaque surface osseuse, la radiographie montre un espace clair appelé *l'espace articulaire des*

radiologistes qui correspond au cartilage et à la capsule articulaire invisibles.

Cet espace peut être augmenté dans ses dimensions dans les cas d'épanchements articulaires; il peut être également obscurci pour la même raison. On peut observer du rétrécissement de cet espace, comme cela est fréquent chez les vieillards; des altérations des contours osseux, des déformations des surfaces articulaires ; toutes lésions qui s'observent aussi bien dans les affections articulaires que dans les affections purement osseuses. Enfin dans les ankyloses complètes l'espace articulaire peut disparaître complètement.

Les arthrites. — La radiographie donne peu de renseignements spéciaux dans les arthrites aiguës ; en dehors d'une certaine diminution de clarté, d'une atténuation dans l'aspect des contours osseux qui ne sont en général pas déformés, l'examen radiographique permet de se rendre compte du point de départ osseux et de suivre l'évolution de l'affection lorsqu'il s'agit d'arthrite suppurée.

L'arthrite rhumatismale chronique ou rhumatisme déformant offre au contraire assez rapidement des caractères radiologiques qui ne manquent pas de netteté, même chez les enfants. En effet, à côté des formes rhumatismales simples, dont le retentissement cardiaque ne laisse pas, par ailleurs, d'être inquiétant, mais qui n'offre pas de caractères radiologiques précis, l'arthrite rhumatismale chronique se révèle dès le début par des lésions très caractéristiques.

Dès que l'articulation devient gonflée et douloureuse, la radiographie montre des lésions articulaires : les espaces interarticulaires diminuent, il y a hyperostose, les surfaces osseuses se rapprochent et peuvent arriver en contact ; dès cette période on aperçoit nettement des troubles de déminéralisation, les contours des os sont moins accusés et des taches

claires apparaissent dans leurs parties spongieuses. Ensuite les extrémités osseuses s'hypertrophient, arrivent à se pénétrer les unes dans les autres, et les déformations articulaires s'accusent.

Enfin l'atrophie osseuse peut faire son apparition, le tissu compact s'amincit, et le tissu spongieux s'affaisse, les surfaces articulaires n'existent plus, les os se sont soudés les uns aux autres, ils n'ont plus de caractère défini et forment un amalgame irrégulier dans lequel il n'est guère possible de retrouver les contours primitifs. Des ostéophytes se forment, accentuant les déformations, bordant les contours de cavités ou des têtes articulaires, et finissant par entraîner l'ankylose.

La radiographie montre bien toutes ces lésions, qui ont été spécialement étudiées et décrites par Barjon. Elle renseigne également sur la forme trophique que prend le rhumatisme qui peut évoluer soit vers la raréfaction et l'atrophie du tissu osseux, soit vers l'ostéite condensante et l'hypertrophie ostéo-articulaire. Les deux formes peuvent même se rencontrer dans la même articulation, en particulier dans les arthrites de l'articulation de la hanche chez les vieillards.

Chez les enfants on observe également une ostéochondrite déformante (maladie de Perthes) qui se caractérise surtout par des taches claires dans l'épiphyse fémorale, qui plus tard se déforme, se fragmente, s'aplatit et s'écrase alors que la cavité cotyloïde ne présente pas de modifications et que l'espace articulaire est plutôt élargi.

Les *arthropathies tabétiques* peuvent aussi présenter des caractères radiologiques soit qu'il y ait atrophie se caractérisant par une destruction des extrémités osseuses, soit qu'il se produise une hyperostose se traduisant par des rugosités au niveau des surfaces articulaires et une prolifération de la substance

osseuse consistant en saillies et bourrelets plus ou moins réguliers surgissant au pourtour des articulations, en particulier de l'articulation du genou, la plus souvent frappée

Les arthrites tuberculeuses. — Les indications fournies par la radiologie pour le diagnostic des arthrites tuberculeuses ne sont pas des plus caractéristiques. Comme dans toutes les arthrites d'origine infectieuse, le cliché radiographique nous montre au début un voile plus ou moins complet et plus ou moins intense des espaces articulaires, en même temps que la forme des contours osseux s'altère. Puis, lorsque la période est plus avancée et que le tissu osseux participe à l'infection, on constate dans le corps de l'os des zones claires de raréfaction, des destructions du tissu spongieux et la formation d'ostéophytes irréguliers aux dépens du périoste. L'ensemble de ces lésions se manifeste par une image irrégulière, entourée d'une zone plus ou moins floue causée par la participation des parties molles péri-articulaires à l'inflammation bacillaire.

Parmi les arthrites tuberculeuses, il en est une dont il importe particulièrement de faire le diagnostic d'une façon précoce, car le succès du traitement en dépend en grande partie : c'est l'arthrite tuberculeuse de l'articulation de la hanche, la *coxalgie*.

Il importe pour bien fixer tous les détails de l'articulation de la hanche et en déterminer les petites lésions du début, de faire usage de l'anti-diffuseur. La hanche se trouve profondément située recouverte de couches musculaires épaisses, il faut donc éviter la grande quantité de rayons secondaires qui viennent voiler la plaque et atténuer les détails des contours osseux.

Il importe aussi de pouvoir comparer le côté sain avec le côté malade. On peut ainsi, dès le début, déceler des lésions légères qui viennent confirmer les

signes cliniques. Les contours de la tête fémorale sont moins nets que du côté sain, ils présentent une rugosité peu apparente d'abord, puis l'espace articulaire s'efface, la tête se déplace en haut et en dehors.

A une période plus avancée, il y a vraiment déformation des surfaces articulaires, altérations de la structure osseuse avec foyers de décalcification formant des taches claires plus ou moins confluentes. Enfin la cavité cotyloïde se détruit, surtout dans sa partie supérieure, la tête fémorale est complètement rongée et ressemble à un champignon rugueux qui sort de la cavité cotyloïde en constituant une luxation plus ou moins complète.

Plus tard, lorsque se produit un processus de cicatrisation et de réparation, la radiographie montre les progrès de la guérison qui évolue généralement avec une ankylose plus ou moins complète résultant de la fusion des deux os entre eux.

L'arthrite blennhorragique ne se distingue pas par des caractères bien spéciaux des autres arthrites : ce sont toujours l'atténuation des contours osseux et l'atrophie osseuse qui marquent la première étape de l'affection, puis l'ostéite condensante et la disparition des espaces articulaires annoncent l'ankylose.

Cette arthrite siège surtout au poignet, il est à remarquer que l'articulation du pisiforme, et l'articulation carpo-métacarpienne (trapèze et premier métacarpien) sont généralement indemnes (Kienböck).

Dans l'arthrite goutteuse, on observe fréquemment des lésions cavitaires de la tête du premier métatarsien en même temps que les lésions articulaires banales (disparition de l'espace articulaire, des contours osseux, etc...). Ces lésions ont la forme d'encoches circulaires ou semi-circulaires, signatures de l'ostéite raréfiante.

Les productions d'ostéite condensante ne sont que rarement observées.

Les affections de la colonne vertébrale.

Déviations de la colonne vertébrale : Dans un très grand nombre de cas, la radiographie seule est capable de révéler la cause d'une déviation vertébrale surtout lorsqu'il s'agit de scoliose due à des malformations congénitales. Les plus fréquemment observées sont les malformations de la cinquième vertèbre lombaire. On observe généralement l'aplatissement d'une des masses latérales du corps de la vertèbre; le reste de la colonne glisse sur ce corps aplati et il se produit une scoliose par compensation. La courbure est double : la première siégeant au niveau de la colonne lombaire, l'autre en sens inverse, au niveau des dernières vertèbres dorsales.

On peut également rencontrer une vertèbre surnuméraire dans la région cervicale ; une demi-vertèbre en forme de coin dans la région dorso-lombaire ; des sacralisations de la cinquième lombaire, etc.. toutes lésions qui deviennent évidentes sur un bon cliché et qui sont bien difficiles à élucider dans d'autres conditions.

Les *spondyloses* ou ankyloses vertébrales ne sont décelables à la radiographie que si elles sont d'origine osseuse. Dans ce cas les espaces intervertébraux s'effacent et se comblent; des proliférations ostéophytiques, des néoformations osseuses irrégulières saillantes, en arc de cercle, se dessinent sur les côtés des corps vertébraux, passant d'une vertèbre à l'autre, infiltrant les cartilages; les apophyses transverses et épineuses se soudent entre elles, et les corps vertébraux peuvent s'atrophier.

La spondylose rhizomélique de Pierre Marie consiste en une ankylose vertébrale qui s'étend à la racine des membres et prend parfois aussi les genoux et l'articulation temporo-maxillaire. Elle n'offre pas de proliférations osseuses mais consiste surtout dans l'ossification des ligaments jaunes qui

fusionnent avec les lames vertébrales, formant une ombre continue. Le tissu osseux présente aussi parfois un certain degré de décalcification.

Tuberculose vertébrale. — La lésion la plus fréquente de la colonne vertébrale est la tuberculose des vertèbres ou *mal de Pott.*

Une volumineuse adénopathie trachéo-bronchique supérieure parfois étendue au médiastin, précède souvent l'apparition des premiers signes cliniques.

Puis, en même temps que ceux-ci apparaissent, l'examen radiographique apporte lui aussi des précisions : aplatissement de l'espace intervertébral ; diminution de la netteté des contours osseux ; zones de décalcification ou transparence anormale du tissu osseux.

Bien examiner les points douloureux de la colonne avec localisateur-compresseur et aussi anti-diffuseur, car les lésions sont souvent discrètes et difficiles à analyser.

Quand la maladie progresse, nous assistons à la destruction du corps vertébral qui prend la forme d'un coin épaissi à sommet antérieur, tandis que les autres vertèbres saines se rapprochent. Puis la colonne vertébrale se tasse, se fléchit et s'incurve soit latéralement soit plutôt d'avant en arrière, constituant une gibbosité.

Il n'est pas rare de constater sur la radiographie l'ombre du foyer des abcès par congestion qui se produisent au cours du mal de Pott. Ils se présentent sous l'aspect d'une ombre assez opaque débordant des deux côtés l'ombre vertébrale, présentant des contours parfois réguliers en forme de fuseau, mais parfois aussi une forme polycyclique plus accusée d'un côté que de l'autre. La constatation de cette ombre suffirait, d'après Albert Weil, a affirmer la présence de l'aspect Pottique dans les cas où les lésions osseuses sont peu visibles.

CHAPITRE VI

Recherche et localisation des corps étrangers dans l'organisme.

Petit problème d'un intérêt relatif avant 1914, la recherche et la localisation des corps étrangers appliquées aux projectiles de guerre sont passées au premier plan des préoccupations des radiologistes pendant toutes les longues années de la campagne. Il n'est malheureusement pas permis de dire que la question ne présente plus aujourd'hui qu'un intérêt suranné, et il est presque aussi nécessaire qu'hier pour le radiologiste, étant donnée l'incertitude de l'avenir, de savoir localiser avec précision tout corps étranger visible dans quelque région de l'organisme qu'il soit situé.

Lorsqu'on est en présence de corps étrangers métalliques, et c'est presque toujours le cas quand il s'agit de projectiles de guerre, la recherche en est aisée. L'ombre très opaque qu'ils déterminent soit sur l'écran soit sur la plaque, permet de les différencier facilement des tissus voisins, ou des parties de l'organisme qui tranchent un peu par leur opacité.

On a signalé quelques erreurs : un gros ganglion calcifié a été pris pour un projectile du médiastin ; l'apophyse coracoïde a été une fois prise pour une balle ronde de shrapnell. Mais ce ne sont pas là des erreurs faciles à commettre, et il faut vraiment

n'avoir que des notions rudimentaires d'anatomie osseuse pour s'y laisser prendre.

Trouver le projectile est donc chose facile. Préciser sa situation, dire à quelle profondeur exacte de la peau il se trouve, être sûr de le trouver au bout de son bistouri quelle que soit la porte d'entrée par où le chirurgien l'attaque, ce sont là des problèmes beaucoup plus compliqués, qui ont fait l'objet de travaux nombreux, qui ont excité l'imagination des inventeurs et ont donné naissance à toute une série de procédés, de méthodes et d'appareils de localisation ou de mesure, tous plus ingénieux les uns que les autres, mais dont quelques-uns sont vraiment entrés dans la pratique courante, et qu'il n'est pas permis à un radiologiste d'ignorer.

Considérations générales. — La recherche des corps étrangers doit se faire de la façon suivante : le blessé, ou le membre blessé, est étendu sur la table radiologique T ; l'ampoule est située en dessous et peut se déplacer longitudinalement et transversalement suivant un mouvement orthogonal.

L'écran E est fixé sur la table, immédiatement au-dessus de la région à explorer. Il doit pouvoir être mobile pour s'adapter aux différentes régions du corps à examiner, mais doit pouvoir être fixé dans la position voulue pour permettre d'inscrire des points de repère sur la surface de la glace protectrice (fig. 63).

Le plan de l'écran E doit être parallèle au plan de la table T. L'ampoule est surmontée d'un diaphragme D à ouverture variable.

La partie du corps contenant le projectile P est placée sur la table. L'image du projectile apparait en un point quelconque de l'écran, le diaphragme étant largement ouvert. Dès qu'on l'a aperçue, on ferme le diaphragme de manière à ne laisser passer

pratiquement que le rayon normal de l'ampoule, et on déplace cette dernière de manière à ce que l'image du projectile I vienne se former rigoureusement sur l'écran, au milieu de la petite plage fluorescente déterminée par le rétrécissement de l'ouverture du diaphragme. A ce moment-là, le rayon normal passera par le projectile; l'anticathode A, le projectile P, et l'image I se trouveront sur une même droite perpendiculaire au plan de l'écran. On aura

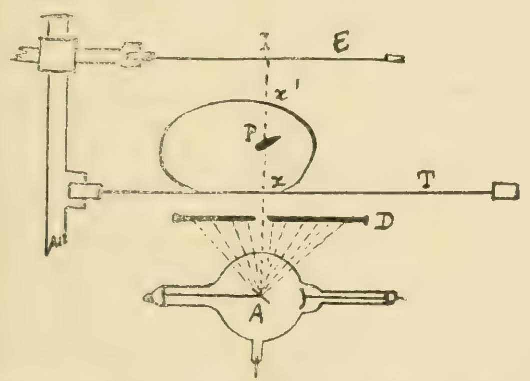


Fig. 63. — Centrage du rayon normal sur le projectile et son image.

ainsi déterminé un axe $x\,x'$, dans la partie du corps intéressée, axe que l'on repérera sur le blessé en marquant sur la peau, avec un crayon dermographique, le point d'entrée x et le point x' de sortie du rayon normal.

Les constructeurs fournissent pour cela des marqueurs métalliques avec une tige intérieure imbibée d'encre grasse que l'on pousse au moyen d'un bouton placé le long de la poignée. Ces appareils sont très commodes.

Un premier point est donc acquis. Le projectile

se trouve quelque part sur le trajet d'une ligne droite $x\,x'$ déterminée par des points marqués sur la peau du blessé.

A quelle profondeur se trouve-t-il ?

Si l'on a affaire à un membre peu volumineux, comme l'avant-bras, le pied, le poignet, la jambe, le genou, on pourra se contenter pour gagner du

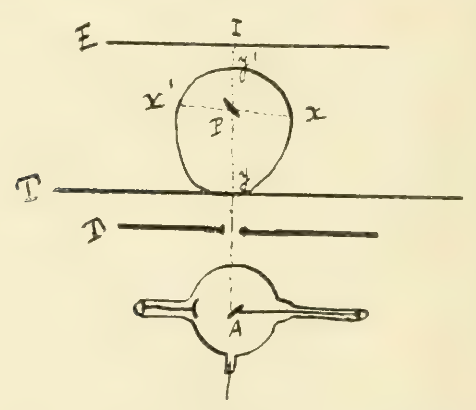


Fig. 64. — Repérage d'un corps étranger par la détermination de deux axes.

temps, d'examiner le membre dans une autre position autant que possible perpendiculaire à la première (ce qui n'est pas indispensable) (fig. 64).

Ce changement d'orientation du membre blessé permettra de se rendre compte des rapports du projectile avec les différentes ombres du squelette ; on saura ainsi s'il est inclus ou non dans une épiphyse osseuse par exemple, si l'image se projette dans les deux positions au milieu de l'ombre de l'os. De plus, en procédant de la même façon que pour la détermination du premier axe $x\,x'$, nous déterminerons un second axe $y\,y'$ qui se croisera en P avec le pre-

mier. Le point de croisement est forcément au niveau même du projectile puisque dans les deux cas on a eu soin de localiser rigoureusement l'image du projectile au milieu de la plage lumineuse formée par l'ouverture rétrécie du diaphragme, faisant ainsi chaque fois passer le rayon normal par le projectile.

Ce procédé de localisation, appelé souvent procédé des *deux axes*, est un procédé radioscopique rapide : il permet de noter dans les différentes positions que l'on peut donner au membre blessé, les rapports du projectile avec les différents plans osseux, d'évaluer approximativement la distance qui le sépare de ces plans, comme aussi de la peau. Le procédé n'est pas d'une précision rigoureuse et n'est guère applicable pour une région épaisse où la difficulté est grande d'avoir deux positions assez différentes du membre pour permettre la détermination des deux axes. Déjà très difficile pour la cuisse, il devient à peu près impossible pour la hanche, l'épaule, le thorax, l'abdomen ou le bassin.

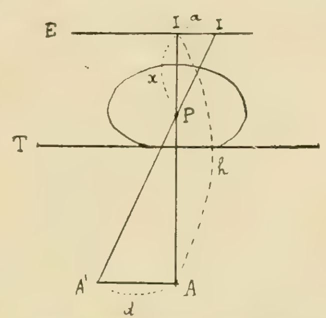


Fig. 65. — Méthode des triangles semblables pour la localisation des corps étrangers.

Quand on suppose un projectile situé dans ces régions, il faut employer la *méthode géométrique des triangles semblables*, dont voici le principe (fig. 65) :

On commence par mesurer bien exactement la distance de l'anticathode A à l'écran E. Nous désignerons par la lettre *h* cette distance.

Cela fait, on centre l'ampoule de manière à faire passer le rayon normal A I par le projectile dont

l'image vient en I sur l'écran. On marque exactement sur l'écran le point correspondant à cette première image, avec un crayon gras. On marque également sur la peau le point de sortie du rayon normal. Cela fait, on déplace l'ampoule d'une quantité fixe et connue, elle vient ainsi en A' et nous appelerons d la distance A A' marquant le déplacement de l'ampoule sous la table. Bien entendu, l'image du projectile ne se fait plus en I ; on agrandit le diaphragme et l'on s'aperçoit que l'image du corps étranger s'est déplacée en sens inverse du sens de déplacement de l'ampoule et est venue se placer en I' ; nous désignerons par a la distance du déplacement.

Nous avons constitué ainsi deux triangles semblables opposés par leur pointe dont nous connaissons deux des côtés homologues, A A', que nous avons désignés par la lettre d dans le triangle inférieur, et I I' soit a dans le triangle supérieur.

On sait que dans les triangles semblables les rapports des côtés homologues sont égaux les uns avec les autres.

Nous avons à rechercher la distance du projectile à l'écran x ; nous aurons donc l'équation :

$$\frac{a}{d} = \frac{x}{h - x}$$

d'où l'on tire facilement la valeur de x par les opérations suivantes :

$$a(h-x) = dx$$

ou $$ah - ax = dx$$

et $$ah = dx + ax$$

$$ah = (d + a)x$$

et enfin $$\frac{ah}{d + a} = x$$

Pour calculer la distance du projectile à l'écran, il suffit donc de multiplier la distance a, écartement

des images du projectile, par h, distance anticathode-écran, et de diviser le produit par la somme des chiffres représentant les deux déplacements de l'ampoule et de l'image.

Supposons que nous ayons fixé à 50 centimètres la distance anticathode-écran, h, que nous ayons déplacé l'ampoule de dix centimètres, et que sur l'écran nous ayons un déplacement de l'image égal à trois centimètres, la formule $x = \frac{ah}{d+a}$ nous donnera :

$$x = \frac{3 \times 50}{10 + 3}$$

c'est-à-dire $x = 11^{cm}.5$ à un millimètre près.

Ce chiffre représentant la distance projectile-écran.

Pour avoir la distance exacte à la peau, c'est-à-dire la profondeur du projectile sous le point O qui a été marqué sur la peau à la sortie du rayon normal, il n'y a qu'à retrancher du chiffre trouvé la distance écran-peau O I, qui se mesure facilement.

Tel est le principe général de la localisation des projectiles par la méthode géométrique des triangles semblables.

D'après cette méthode on a construit une quantité considérable d'appareils pour faciliter les mesures, de règles, de tables pour faciliter les calculs.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces instruments, nous signalerons simplement la règle de Haret et Jaugeas, qui a l'avantage de matérialiser le trajet des rayons. Cette règle, en bois, porte à sa partie inférieure un prolongement en équerre sur lequel on note les déplacements de l'ampoule ; à sa partie supérieure, une équerre mobile le long de la règle, dirigée en sens opposé au prolongement inférieur, et sur laquelle on note les déplacements de l'image. Un fil tendu entre les deux points notés croise l'arête de la règle en un point qui représente

la situation du projectile par rapport aux deux points qui ont été notés.

Un manipulateur adroit avait, pendant la guerre, réalisé cette règle avec de petites baguettes métalliques auxquelles il avait ajouté un léger contrepoids pour la tension du fil, ce qui amenait automatiquement ce dernier au point voulu grâce à un jeu de poulies légères tout à fait ingénieux.

En réalité, la prise correcte des mesures assure un résultat satisfaisant, mais des erreurs de lecture en particulier dans l'écartement des images, peuvent amener des erreurs importantes sur l'évaluation de la profondeur des projectiles.

Dans l'appareil appelé orthodiascope de Ropiquet, les causes d'erreurs étaient réduites au minimum ; avec la réglette de Mazères les calculs étaient extrêmement simplifiés. Bref, toutes les facilités possibles ont été mises à la disposition des radiologistes pendant la guerre pour faciliter leur tâche. Cette tâche fut parfois assez rude car la localisation une fois faite, ils devaient encore assister le chirurgien pour l'extraction des projectiles, pour laquelle, on le conçoit, le contrôle de l'écran avait une importance capitale.

En effet, quelle que soit la précision d'une localisation géométrique, au moment de l'acte opératoire les conditions de statique ont pu changer et le bistouri peut s'en trouver égaré. Il convient donc soit de préciser la situation du projectile avec un compas guide, soit de l'extraire directement sous le contrôle des rayons.

Comme les procédés de localisation, les compas guides d'extraction sont nombreux : le plus connu est celui de M. Hirtz dont l'ingéniosité consiste à placer le projectile au centre d'une sphère virtuelle dont une aiguille mobile, suivant la direction des rayons d'un arc métallique représentant un segment

de cette sphère, indique constamment le centre par sa pointe.

C'est un procédé radiographique nécessitant la prise d'un cliché, ce qui dans les ambulances du front où le travail était quelquefois assez rude et assez bousculé, n'en permettait pas un usage constant[1].

Le compas de Hirtz se compose de trois branches horizontales mobiles autour d'un axe commun, lequel est également traversé par une tige qui sera l'aiguille indicatrice. A chaque branche est adapté un coulisseau que traversent trois tiges verticales graduées. Du centre du compas part un arc de cercle métallique, le long duquel l'aiguille indicatrice peut également glisser à frottement doux : le tout peut se fixer en un bloc rigide grâce à des vis de serrage et des écrous à ailettes (fig. 66).

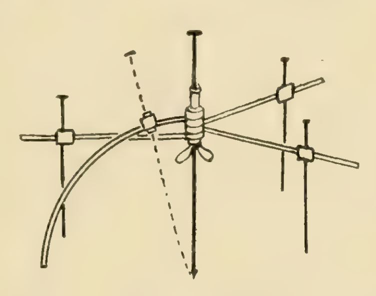


Fig. 66. — Schéma du Compas de Hirtz.

Pour la prise du cliché, on centre l'ampoule au milieu de la plaque et l'on repère le point d'incidence du rayon normal au moyen d'un index métallique ; puis le blessé est mis en place et on dispose sur sa peau trois petites boules de plomb suivant un triangle circonscrivant approximativement le projectile. On fait ensuite deux poses successives en déplaçant l'ampoule chaque fois de trois centimètres à droite et à gauche de sa position primitive cen-

1. M. Hirtz a modifié son compas vers la fin de la guerre afin de le rendre utilisable en radioscopie.

trale, ce qui fait un déplacement de six centimètres. Le cliché développé montre une double image des trois repères de plomb et une double image du projectile. Leurs écartements mesurés avec soin donnent par le procédé des triangles semblables la distance de chacun d'eux à *la plaque*. Celle du projectile situé à l'intérieur du corps est forcément plus courte que celle des repères métalliques placés au-dessus, sur la peau. L'aiguille indicatrice centrale est placée sur le point de projection des images du projectile, et chacune des trois tiges verticales des branches horizontales du compas sont réglées, en tenant compte de la différence de hauteur, sur les projections des images des boules de plomb. Le compas bloqué dans cette position est alors reporté sur la partie du corps du blessé où l'extration doit avoir lieu ; les pointes des trois tiges sont placées sur la place occupée par les repères de plomb et qui ont été marquées au crayon. L'aiguille indicatrice, quelle que soit sa position sur l'arc de cercle, et la position de ce dernier autour du centre du compas, aura toujours sa pointe dirigée vers le projectile et pourra à tout moment guider le chirurgien.

Le compas devra, bien entendu, avoir été stérilisé. Il est entièrement métallique et construit en conséquence.

M. Hirtz a également construit un écran spécial dit « écran percé » qui est une disposition ingénieuse du procédé des triangles, où le calcul de la profondeur se fait tout seul, mais dans le détail duquel nous n'avons pas le loisir d'entrer ici.

MM. Marion et Danion ont fait construire un appareil repéreur avec deux fils qui matérialisent les rayons, et une aiguille dirigée vers leur point de croisement qui indique la voie à suivre au chirurgien.

Gudin, Debierne, Massiot, Contremoulins, Infroit,

et bien d'autres, ont fait construire des compas. Tous présentent des qualités, mais tous présentent aussi des défauts : le principal réside dans ce fait que l'extraction d'un corps étranger se fait généralement dans des conditions différentes de celles dans lesquelles on fait la localisation. Le seul changement de position du blessé suffit pour que la localisatiou à l'aide du compas ne puisse plus être utilisée.

Nous verrons plus loin comment l'extraction sous le contrôle direct ou intermittent de la radioscopie est venue combler ces lacunes et s'est, de ce fait, rapidement généralisée pendant la guerre.

CHAPITRE VII

La radiologie pendant la guerre.

A. — Le matériel radiologique de guerre.

Il est impossible de ne pas consacrer quelques pages au rôle considérable joué pendant la guerre par la radiologie.

Il ne serait pas tout à fait exact de dire que le Service de Santé militaire n'avait rien prévu avant les hostilités de 1914. On avait décrit dans le premier semestre de l'année 1914 un type de voiture radiologique pouvant accompagner les ambulances et suivre les armées en campagne. Mais au moment où partirent les premiers coups de canon, il n'existait de ces véhicules qu'une quantité infime et absolument insuffisante pour essayer seulement de faire face aux exigences rapides et aux besoins immédiats.

Existait-il à peu près deux ou trois voitures de la sorte par Armée? c'était en tout cas un maximum. Que pouvaient faire trois radiologistes dans des temps comme ceux du début de la guerre, où, conséquence des batailles en rase campagne, les blessés affluaient dans les formations sanitaires par milliers chaque jour!

A l'intérieur, à part les hôpitaux civils des grandes villes qui possédaient des installations fixes, même

insuffisance. Il n'y avait rien : les radiologistes mobilisés suivaient les bataillons, les régiments ou les ambulances divisionnaires ; quelques-uns faisaient de la chirurgie à l'intérieur. Il n'y avait pas de manipulateurs et pas de matériel.

Il fallut tout improviser, et je dois le dire on improvisa vite.

Poussé par le besoin et l'universelle réclamation des chirurgiens, le ministère rappela les radiologistes qualifiés du front et les répartit dans les régions de l'intérieur, où, à l'aide du matériel civil réquisitionné ou prêté au service de Santé, on put faire face aux premières nécessités. Puis on organisa des cours de radiologie où l'on insista spécialement sur la technique spéciale de la recherche des projectiles, et l'on mit en construction un nombre assez considérable de voitures radiologiques pour les besoins des ambulances du front. On créa une école de manipulateurs ; les Sociétés de secours aux blessés tant françaises qu'étrangères fournirent également du matériel et du personnel, et au bout de quelques mois toute une organisation existait, qui alla toujours en se perfectionnant pendant la période des grands préparatifs militaires, si bien qu'en 1917, au moment où les opérations recommencèrent à prendre une grande envergure, le service de santé était doté d'un matériel radiologique considérable mis en œuvre tantôt par des radiologistes de carrière, tantôt par des jeunes radiologistes de formation nouvelle mais qui ne se montrèrent que rarement inférieurs à leur tâche. Avec quelques variations individuelles, une technique à peu près uniforme avait été adoptée : une collaboration radio-chirurgicale intime et de tous les jours s'était vite instituée pour le plus grand bien des blessés.

Nous dirons quelques mots de cette organisation et des méthodes de recherche et de localisation des

projectiles qui furent d'un usage courant pendant toute la guerre.

I. **Aux armées.** — Chaque armée comprenait un certain nombre de formations radiologiques groupées sous la direction technique d'un médecin radiologiste de carrière, qui portait le titre de « Radiologiste-expert de l'armée » et qui était véritablement le chef du service radiologique de son armée.

Les formations qu'il avait sous sa direction étaient de plusieurs ordres :

1° Les *Équipages* ou *voitures radiologiques*, indépendantes de toute autre formation sanitaire, et rattachés directement au Service de Santé de l'Armée, étaient au début le seul recours des ambulances du front pour la recherche des projectiles chez les blessés.

Ils se composaient d'un fourgon automobile dans lequel étaient disposés les appareils de production de courant, les appareils d'utilisation et les accessoires nécessaires (fig. 67).

Le courant électrique était produit par un groupe électrogène fixé à la voiture, comprenant un moteur Ballot et une dynamo accouplée, donnant un courant continu de 80 volts environ d'une intensité de dix à douze ampères. Un câble conducteur de cinquante mètres reliait cette source aux appareils d'utilisation qui pouvaient se transporter dans une salle quelconque d'une ambulance dans laquelle on faisait l'obscurité et où pouvaient s'effectuer les recherches.

Le matériel d'utilisation comprenait un transformateur ou bobine avec un interrupteur à turbine et à jet de mercure, ainsi qu'un tableau de commande. Une table radiologique avec cupule porte-ampoule mobile sous la table, trois ou quatre ampoules, quelques soupapes ; des appareils de mesure et de localisation, tout le matériel nécessaire au développement

des clichés complétaient cet appareillage. L'intérieur de la voiture était aménagé de façon à servir de laboratoire de développement, avec évier, cuve de lavage, réservoir à eau, lumière électrique, etc...

L'équipage était dirigé par un médecin aide-major,



Fig. 67. — Une voiture radiologique de la Ve armée, en 1916.

radiologiste ; il était secondé par un manipulateur aidé lui-même du chauffeur de la voiture pour le montage et le démontage rapide des appareils.

Appelé dans une ambulance, un bon équipage radiologique pouvait être prêt à fonctionner en vingt minutes. Pendant toute la première partie de la guerre, ils furent à peu près seuls à fonctionner sur le front et rendirent des services inestimables aux ambulances chirurgicales.

2° A mesure que les ambulances se spécialisèrent

et disposèrent d'un personnel chirurgical plus nombreux et mieux dressé, le besoin se fit sentir d'attacher à chaque ambulance chirurgicale un service de radiologie qui n'en fut pas séparable. On créa ainsi un organisme mixte appelé *camion de stérilisation et de radiologie* qui fit d'abord partie intégrante de l'ambulance. Il comprenait également un fourgon où étaient disposés le matériel radiologique, le groupe électrogène et tous les accessoires, mais il traînait en plus une remorque qui renfermait le matériel de stérilisation de l'ambulance et tout ce qui était nécessaire à l'éclairage électrique de la formation sanitaire à laquelle il était affecté. Pour cela, le groupe électrogène du type Aster, était plus important et pouvait donner jusqu'à 20 ampères sous 110 volts.

Un médecin radiologiste, un manipulateur et un chauffeur en constituaient également le personnel.

3° Dans les hôpitaux d'évacuation de l'arrière de l'armée et dans les centres hospitaliers des étapes, on installa des postes radiologiques dits « Postes semi-fixes » comprenant un matériel sans moyen de transport, avec un médecin et un manipulateur. On se rapprochait avec ces postes semi-fixes des organisations de l'intérieur : ces postes ne pouvaient se déplacer qu'en suivant les grands mouvements de l'armée, et selon que les grandes formations sanitaires ou les centres hospitaliers dont ils dépendaient se déplaçaient eux-mêmes soit en avant, soit en arrière. Ils étaient alors transportés par les soins des services généraux de l'armée.

Signalons enfin le camion radiologique des *ambulances chirurgicales automobiles* (les fameuses autochir) dont le rôle était de pratiquer la grande chirurgie de l'avant, dont le déplacement rapide leur permettait de suivre les armées avec toute la mobilité nécessaire, mais qui en réalité furent surtout

installés dans les centres hospitaliers et dans les grands hôpitaux d'évacuation (H. O. E.)

Les services radiologiques des ambulances automobiles chirurgicales possédaient un matériel de premier choix où tous les perfectionnements techniques étaient rassemblés. Ils rendirent de très grands services durant tout le temps de la campagne pendant lequel ils furent employés.

II. **A l'intérieur.** — Dès la fin de 1914, il fut créé à l'intérieur, dans chaque région de Corps d'Armée, un Service Central de Radiologie, sous la direction d'un Chef de Centre qui fut toujours un radiologiste de carrière. Il groupa sous sa direction tous les services radiologiques de la région en même temps que tous les services de Physiothérapie. Au début, l'initiative individuelle des Chefs du Centre eut libre cours. Pas plus qu'aux Armées, il n'y avait à l'intérieur d'organisation radiologique prévue par le Service de Santé ; or les besoins étaient pressants. Avant que le matériel fût constitué et que le personnel militaire fût dressé, il fallut avoir recours à la bonne volonté civile ; réquisitionner à droite et à gauche le matériel radiologique privé, et le répartir dans les différentes formations sanitaires du territoire. Peu à peu tout s'organisa : le matériel arriva, les radiologistes se formèrent et chaque hôpital chirurgical de quelque importance ne tarda pas à avoir son service radiologique particulier. Là, plus encore qu'aux armées, la générosité de quelques donateurs compléta heureusement le matériel du Service de Santé ; et pour les hôpitaux plus pauvres ou moins bien desservis, des voitures radiologiques organisèrent un service roulant, ce qui fit que pas une formation sanitaire ne put vraiment se plaindre de n'avoir jamais eu à sa disposition le service de radiologie nécessaire pour l'examen complet des blessés et le repérage des projectiles.

B. — Fonctionnement du service radiologique à l'avant ; la collaboration radio-chirurgicale.

En matière d'extraction de projectiles, il était nécessaire d'assurer une collaboration entre le chirurgien opérant et le radiologiste qui devait le guider.

D'une façon générale, cette collaboration s'établit toute seule, par suite de la pratique journalière et des habitudes prises par chacun d'eux en travaillant l'un avec l'autre.

On évita pour cela de séparer ceux qui avaient l'habitude de travailler ensemble, et c'est ainsi que se formèrent les équipes radio-chirurgicales des ambulances AD, qui comprenaient une équipe chirurgicale (chirurgien chef d'équipe, son médecin aide-major, aide-chirurgien, et le chloroformisateur) et un groupe radiologique (comprenant : radiologiste, manipulateur et chauffeur) avec le camion de stérilisation et de radiologie.

Ces ambulances radio-chirurgicales formèrent une véritable unité à la disposition du « Médecin de l'armée », qui pouvait les diriger là où leur présence était utile, et les affecter suivant les besoins à tel ou tel groupe d'ambulances, hôpital d'évacuation ou centre hospitalier.

Dans les ambulances, les locaux furent aménagés de manière à ce que la salle de radiologie communiquât directement et largement avec la salle d'opération. Les blessés arrivaient directement par automobiles sanitaires des postes de secours aux ambulances. Les blessés les plus gravement atteints, les grands blessés du ventre ou de la tête, peu transportables, restaient aux postes chirurgicaux avancés dans les ambulances divisionnaires; les autres, qui pouvaient plus facilement voyager sans trop d'inconvénients, étaient transportés quelques kilomètres plus loin, aux ambulances d'armée, ou aux grandes

formations sanitaires appelées hôpitaux d'évacuation (H. O. E.)

Quelle que soit la formation où le blessé était arrêté, il subissait immédiatement la préparation chirurgicale, c'est-à-dire qu'il était déshabillé, nettoyé, lavé, ses plaies recouvertes de gaze aseptique, puis il « passait à la Radio ». Ses projectiles étaient localisés et repérés avec soin. Le radiologiste remettait une fiche avec toutes les indications voulues et il passait dans la salle d'opération. Là, le projectile était généralement extrait au fond de son trajet, et le blessé pansé partait dans les salles.

Un blessé pouvait ainsi être évacué des lignes, préparé, radiographié et opéré, dans les six ou huit heures qui suivaient sa blessure.

Que d'infections et de complications évitées grâce à cette rapidité dans l'intervention. Malheureusement il n'en fut pas toujours ainsi. Nombre de formations furent embouteillées, ce qui ne fut pas toujours la faute du Service de Santé. En pareille matière les prévisions sont impossibles, et nous avons vu des hôpitaux de cinq cents lits recevoir plus de deux mille blessés dans une nuit!

Quand pressés par le nombre, les chirurgiens ne réussissaient pas du premier coup à extraire le projectile, on avait alors généralement recours à l'extraction sous l'écran, sur laquelle nous reviendrons dans un instant; ou alors le blessé, bien pansé, sans fièvre, reposé et remonté, était évacué sur l'arrière avec une fiche portant la mention « Projectile non extrait ».

L'extraction sous l'écran, qu'elle se fît à l'avant ou à l'arrière, ou même dans la zone des Etapes ou à l'Intérieur, se pratiquait généralement suivant deux méthodes : l'Extraction sous le contrôle *permanent*, ou l'Extraction sous le contrôle *intermittent* des rayons.

Pour pratiquer l'extraction des projectiles sous le contrôle permanent des rayons, le chirurgien opérait directement sous l'écran dans la chambre noire : le radiologiste lui, localisait le projectile au milieu d'une petite plage lumineuse circonscrite par le diaphragme serré, et armé de sa pince le chirurgien allait saisir le projectile qu'il voyait lui-même ; était-il trop haut ou trop bas, un déplacement léger de l'ampoule le renseignait immédiatement sur les situations respectives de sa pince et du projectile. Il corrigeait alors l'inclinaison donnée à sa pince et il était exceptionnel que son opération ne fut pas couronnée de succès.

On a reproché à cette méthode : 1° de ne pas protéger les mains du chirurgien ; 2° de travailler dans l'obscurité et à l'aveugle ; 3° de ne pas respecter suffisamment les nécessités de l'asepsie.

Ces reproches me paraissent médiocrement fondés.

Les mains du chirurgien sont protégées par le diaphragme toujours assez serré pour que seule l'extrémité prenante des pinces soit visible dans le champ des rayons. Pour des expositions en somme courtes, cette protection est suffisante.

On travaille dans l'obscurité, c'est entendu, mais toute la préparation se fait au grand jour, et c'est la pince en place dans le trajet fistuleux que sont donnés les rayons. De plus, à tout moment, il est permis de redonner une lumière suffisante qui éclaire le chirurgien sans le désadapter ; il suffit pour cela d'avoir une lampe balladeuse enfouie au fond d'un abat-jour profond, conique, qui projette sa lumière sur le champ opératoire seulement et qui est tenue en place par un aide.

Quant à l'antisepsie, il n'y a aucune raison qui empêche de la pratiquer en prenant quelques précautions dues à ce fait que l'obscurité est nécessaire à une partie du travail.

Nous avons pendant la guerre, effectué avec de

nombreux chirurgiens des centaines et même des milliers d'extractions de projectiles, toujours avec la plus grande facilité. Les insuccès ont été l'extrême exception.

Cela n'enlève d'ailleurs rien aux mérites de la seconde méthode qui est celle de l'extraction sous le contrôle intermittent de l'écran (Ombrédanne et Ledoux-Lebard).

Avec cette méthode, l'extraction se fait au grand jour dans la salle d'opération, après que le projectile a été dûment repéré et localisé. Sous la table d'opération, dont le tablier est une feuille d'aluminium assez mince, est placée une ampoule radiogène. Le chirurgien fait son incision au point marqué et pénétre à la profondeur indiquée par le radiologiste. Celui-ci est auprès du chirurgien, avec, sur les yeux, une bonnette spéciale dont le fond est muni d'un écran fluorescent, et qui, bien fixée sur la tête du radiologue, maintient ses yeux dans l'obscurité, par conséquent sa rétine dans l'état d'adaptation visuelle nécessaire.

Y a-t-il la moindre hésitation de la part du chirurgien, vite celui-ci retire ses mains en laissant sa pince en place, on fait passer le courant dans l'ampoule et le radiologiste contrôlant la situation respective de la pince et du projectile, donne au chirurgien les indications nécessaires pour rectifier sa position, cela tant que le projectile n'est pas trouvé.

Cette méthode est évidemment excellente, le chirurgien a toutes ses aises, il opére au grand jour. Seul le radiologiste est maintenu dans l'obscurité.

Mais avec un bon opérateur et un bon radiologue, nous le répétons, la méthode est parfaite. Je l'ai peu vue employée à l'avant, car elle nécessite le calme des salles d'opérations de l'intérieur : elle mobilise le radiologiste pour toute la durée de l'extraction, et exige un matériel spécial. Elle est évidemment moins

rapide que la précédente : aussi malgré les imperfections qu'on lui a reprochées l'extraction directe sous l'écran m'a-t-elle paru être en général préférée dans les formations sanitaires de l'avant.

La radiologie n'a pas servi aux armées qu'à la recherche des projectiles.

Dans chaque secteur était installé un service de triage de tuberculeux pour lequel le contrôle de la radioscopie ne fut en général pas négligé. Tous les suspects évacués des lignes, avant d'être renvoyés sur l'intérieur, subissaient une visite minutieuse où les épreuves cliniques, bactériologiques et radioscopiques étaient pratiquées de la façon la plus complète et la plus sérieuse par des spécialistes éprouvés.

Les mêmes services furent installés dans les régions de l'intérieur. A l'intérieur également furent utilisées les ressources de la radiothérapie dans les névrites douloureuses suites de blessures de guerre, dans les cicatrices hypertrophiques douloureuses, bref dans toutes les affections où cette méthode de thérapeutique pouvait trouver son emploi.

Vraiment tous les perfectionnements de l'art médical moderne furent, avec une très grande largeur d'idées, mis au service des blessés de guerre. Le Service de Santé ne négligea rien, et si les sacrifices demandés au pays furent bien durs, on fit certainement tout pour en atténuer dans la mesure du possible, les tristes et pénibles conséquences.

TROISIÈME PARTIE

LA RADIOTHÉRAPIE

I. — Considérations générales.

L'emploi des rayons X ne constitue pas seulement une remarquable méthode d'investigation pour le diagnostic en pathologie médicale ou chirurgicale : mais par l'action biologique qu'ils exercent sur la matière vivante, par leur action sélective sur les éléments jeunes dont l'activité karyokinétique est plus grande, ils constituent encore un merveilleux agent de thérapeutique. Et la radiothérapie qui depuis de longues années avait déjà conquis une place capitale dans le traitement d'un certain nombre d'affections, a vu son importance croître d'une façon considérable depuis la mise en pratique de la radiothérapie profonde qui va maintenant détruire les cellules cancéreuses jusqu'aux plus profonds replis de l'organisme.

Nous avons vu quand nous avons parlé de l'action biologique des rayons X, les modifications qu'ils étaient capables de produire dans la cellule vivante; nous avons vu quelles étaient les lois de radio-sensibilité des tissus (Loi de Bergonié et Tribondeau).

Il faut également savoir qu'au point de vue de leur absorption par les tissus, les rayons X suivent les lois générales des radiations électro-magnétiques, c'est-à-dire qu'ils sont absorbés en raison inverse du carré de la distance qui sépare leur foyer d'émission

(en l'espèce l'anticathode de l'ampoule) du corps sur lequel ils sont dirigés (Képler).

Si par exemple un corps placé à 15 centimètres d'une ampoule absorbe une quantité de rayons X égale à 100, il n'en absorbera plus qu'une quantité quatre fois moindre si l'on double sa distance, neuf fois moindre si on la triple, et seize fois moindre si on la quadruple.

Cette loi du carré des distances est importante dans la pratique de la radiothérapie, elle oblige à augmenter considérablement la durée des séances si, en voulant faire absorber des rayons plus pénétrants, on augmente la distance entre le tube et la peau. Nous aurons occasion de revenir sur ce sujet en parlant de la radiothérapie profonde.

Quoi qu'il en soit, les conséquences de la loi biologique de Bergonié et Tribondeau (voir action biologique des rayons X) sont faciles à déduire. Elles permettent de se rendre compte d'une façon générale de l'effet que l'on peut retirer de l'application des rayons X sur le corps humain.

Ces effets sont de trois ordres :

1° *L'action destructive* spéciale des radiations de Roentgen sur les cellules jeunes, de nouvelle formation, trouvera son emploi dans la lutte contre les tumeurs et néoplasmes affectant l'organisme, comme les différentes variétés de cancers. Ceux-ci, comme leur nom l'indique (néoplasmes) sont des productions cellulaires nouvelles. Ils seront plus sensibles à l'action des rayons que les tissus sains et définitivement différenciés qui les entourent.

2° Leur action particulière sur certains éléments glandulaires et sur les organes hématopoïétiques, *action modératrice d'abord* pour leur fonctionnement, *destructive ensuite* si l'on pousse l'irradiation plus loin, les fera rechercher dans certains cas pour combattre l'hyperactivité fonctionnelle de ces glandes :

pour faire régresser les processus hypertrophiques de certains éléments glandulaires normaux, et pour lutter contre certaines affections du sang ou des organes hématopoïétiques (goitre exophtalmique, fibro-myômes utérins, hypertrophies du thymus, adénopathies, leucémies, etc.).

3° Enfin, les rayons X ayant une action marquée sur la peau qui fixe les rayons les moins durs d'un faisceau radiant, les feront employer avec une efficacité incontestable en dermatologie, soit pour lutter contre certaines infections locales, soit pour favoriser le processus scléreux dans la cicatrisation de certaines lésions cutanées.

Il est indispensable en radiothérapie de pouvoir mesurer aussi exactement que possible, la quantité de rayons que l'on fait absorber aux tissus sur lesquels on les dirige. Pour cela on se sert d'un certain nombre d'appareils qui utilisent l'effet spécial que produisent les rayons sur le platino-cyanure de baryum. Cet effet est connu sous le nom d'effet Villard.

Lorsqu'un écran de platino-cyanure de baryum a absorbé une certaine quantité de raxons X, il change de couleur. De jaune verdâtre brillant qu'il était, il passe au brun clair et perd son pouvoir fluorescent. MM. Sabouraud et Noiré se servirent de l'effet Villard pour mesurer la quantité de rayons X absorbés par la peau. Ils remarquèrent qu'en plaçant l'ampoule à quinze centimètres de cette dernière, et une pastille de platino-cyanure à une distance moitié moindre, soit sept centimètres et demi, le virage de la pastille s'obtenait dans le même temps que l'érythème passager de la peau ou l'épilation temporaire du cuir chevelu.

En comparant ces doses avec les unités décrites en Allemagne sous le nom d'unités H (Holtzknecht), MM. Sabouraud et Noiré constatèrent qu'elles cor-

respondaient à cinq unités H. Ils estimèrent par suite que la dose de cinq unités H. qui fait virer la pastille de platino-cyanure de baryum à 7 cent. 1/2, est la dose que peut recevoir la peau sans qu'il s'en suive une alopécie définitive ou un érythème tenace.

L'unité H a été décrite à l'étranger par Holtzknecht sans que cet auteur ait précisé les conditions dans lesquelles il l'avait obtenue. Elle ne correspond à rien de bien défini. La mesure de Sabouraud, qui correspond au virage de la pastille de platino-cyanure de baryum, est au contraire plus nette, mais elle correspond à des quantités trop fortes de rayons X. Ce serait l' « unité Villard » (Oudin et Zimmern). Sa cinquième partie qui reviendrait à peu près à l'unité H est plus commode et c'est l'unité qui a prévalu dans la pratique courante.

M. Bordier a construit un chromoradiomètre qui donne les teintes intermédiaires entre 0 et 5 unités H, mais qui peut mesurer des quantités beaucoup plus considérables car il place la pastille directement sur la peau, ce qui fait que l'on doit, d'après la loi du carré des distances, multiplier par quatre la quantité de rayons mesurée d'après le procédé de Sabouraud et Noiré, si l'on se place à 15 centimètres du tube.

D'autres procédés ont été proposés pour la mesure de la quantité du rayonnement; lorsqu'on fait agir les rayons X sur une solution à 2 p. 100 d'iodoforme dans du chloroforme, il se produit une mise en liberté d'iode proportionnelle à la quantité de rayons employés. Bordier et Galimard ont proposé de donner le nom d'unité I à la quantité de rayonnement qui libère un dixième de milligramme d'iode dans un centimètre cube de la solution. Ce procédé serait plus précis, il reste à construire un radiomètre pratique utilisant ce principe.

M. Guilleminot enfin a construit un appareil, le *fluoromètre*, qui compare la luminescence d'une plage

de platino-cyanure de baryum impressionnée par les rayons X à celle d'un étalon de radium ; et il mesure la distance du tube à laquelle il faut placer cette plage pour avoir égalité dans la phosphorescence : cette distance est la distance équivalente du tube. Elle varie en effet suivant la quantité de rayons émise par le tube. Cette quantité est exprimée en unités M. Et l'unité M correspond à la quantité de rayons qui, dans la même solution que celle de Bordier, libère 1×10^{-8} grammes d'iode en une minute.

Dans la pratique l'appareil qui donne les approximations les plus faciles à constater est le chromoradiomètre de Bordier modifié par Nogier. Son grand avantage consiste à mesurer directement la dose incidente sur la peau. Il présente une échelle de six étalons de teinte, dont la première correspond à la teinte normale du platino-cyanure et la dernière à la teinte de la pastille de Sabouraud complètement virée. Les autres teintes sont intermédiaires et correspondent environ à 3, 5, 8, 15 et 20 unités H ou 1,8 ; 3,6 ; 5,8 ; 10 et 15 unités I.

Pour faire la comparaison, il faut se placer dans des conditions de lumière constantes ; M. Nogier a placé l'échelle des teintes de Bordier au fond d'une boîte éclairée par une lampe électrique de 10 bougies à verre dépoli. On peut interposer entre cette source de lumière et l'échelle de teintes un verre légèrement coloré en bleu.

Il faut une très grande habitude, en tout état de cause, pour apprécier les nuances de virage de la pastille qui est à l'épreuve[1].

1. Au moment où nous mettons sous presse, je lis avec intérêt dans le « Bulletin de la Société de Radiologie Médicale du mois de Novembre 1921 », la description d'un nouvel appareil de mesure dû au Docteur Solomon, et capable de déterminer exactement la dose de rayons X absorbée dans l'intérieur des tissus. Cet appareil appelé " *Ionomètre* " est basé sur la pro-

Différents procédés d'application de la radiothérapie.

1° **Radiothérapie superficielle.** — Lorsqu'on veut agir uniquement sur la peau ou sur des tissus immédiatement sous-jacents à la peau, il n'est pas nécessaire d'employer des rayons très pénétrants. Le plus souvent on se contentera de rayons n°s VI ou VII du radiochronomètre de Benoist. La quantité de rayons absorbés sera mesurée avec une pastille de Bordier collée directement sur la peau.

La loi du carré des distances fera que, si on agit sur de grandes surfaces, la périphérie recevra une quantité de rayons moindre que le centre de la surface irradiée; et cette dose absorbée par la périphérie sera encore plus faible si la surface irradiée est convexe. Pour avoir une répartition homogène du rayonnement, le diamètre de la surface irradiée ne doit pas dépasser la moitié de la distance de l'anticathode à la peau (Holtzknecht).

Cottenot a donné dans un tableau d'ensemble le temps pendant lequel il fallait faire agir une ampoule radiogène pour faire absorber à la peau la dose maxima de cinq unités H, 1° en fonction des distances de l'anticathode à la peau, 2° en fonction des différentes intensités de rayonnement.

2° **Radiothérapie profonde.** — Si l'on veut agir au contraire sur des organes situés profondément, de même que si l'on veut agir à doses massives, tout en respectant l'intégrité des téguments, il sera nécessaire d'employer un rayonnement très pénétrant. C'est ainsi que l'on a été amené à construire des appareils générateurs de rayons X fonctionnant sous un potentiel extrêmement élevé, 180 à 200.000 volts. Des études très intéressantes se continuent tous les

priété que possèdent les rayons X d'ioniser les gazes. Il emploie une nouvelle unité, l'unité R (Lire la communication du D Solomon à la Société de Radiologie, Novembre 1921).

jours dans cet ordre d'idées, et si l'on peut dire que la radiothérapie superficielle a atteint à peu près sa technique définitive, la radiothérapie profonde sur laquelle il est permis de fonder les espoirs les plus légitimes, n'en est encore qu'à ses débuts.

Mais, si l'on peut escompter des avantages considérables de cette méthode, elle n'est pas sans présenter des inconvénients et même des dangers contre lesquels seul un radiologiste expérimenté saura et pourra se prémunir.

Un faisceau de rayons X, nous l'avons vu au début de cet ouvrage, n'est pas un faisceau homogène, il se compose d'une série de rayons ayant des longueurs d'onde et par conséquent des pénétrabilités assez différentes les unes des autres. Dans ce faisceau de rayons, les uns seront donc arrêtés immédiatement par la peau, les autres pénétreront à une faible profondeur dans les couches sous-cutanées, et ce n'est que dans une très faible proportion que quelques rayons pénétreront vraiment dans la profondeur. Le problème de la radiothérapie profonde est donc double. 1° faire émettre par une ampoule un faisceau de rayons pénétrants aussi dense et aussi homogène que possible ; 2° éliminer, grâce à un artifice de technique, les rayons qui, dans ce faisceau, n'auraient pas la pénétrabilité voulue pour agir dans la profondeur.

La technique moderne a résolu ces deux problèmes :

1° D'une part nous possédons des ampoules radiogènes capables de fournir un rayonnement très pénétrant, ce sont les ampoules Coolidge, qui peuvent fonctionner sous un potentiel élevé mais limité cependant, et qui ne peuvent guère supporter une tension donnant une étincelle équivalente de plus de 28 et au grand maximum de 30 centimètres. Or, il est indispensable en radiothérapie profonde, d'aller plus loin. On doit alors avoir recours aux tubes à eau bouillante qui peuvent fonctionner avec 40 centimè-

tres d'étincelle équivalente et sont en ce moment les tubes les plus puissants qui aient été construits. Nous avons vu comment le réglage de ces tubes était facile grâce à l'osmo-régulateur au paladium fonctionnant d'une façon automatique. Ces tubes se maintiennent donc pendant tout le temps voulu au régime qu'on leur impose.

2° En second lieu, on se débarrasse des rayons à pénétrabilité faible en interposant sur leur trajet une série de filtres composés de disques d'aluminium d'épaisseur variable. Ces filtres arrêtent les rayons mous en raison directe de leur épaisseur, et laissent passer les rayons plus durs qui, en raison de leur qualité, ne seront plus arrêtés par la peau et ne risqueront pas d'y provoquer les désordres que n'auraient pas manqué d'y produire les rayons mous, même en moindre quantité.

L'interposition des filtres diminuant forcément le rendement, il sera nécessaire d'augmenter le temps des séances, dans une proportion variable suivant les épaisseurs des filtres, la distance de l'anticathode à la peau et l'intensité du courant. La qualité du rayonnement change également : il durcit à mesure qu'on augmente l'épaisseur du filtre.

Avec les ampoules à haute pénétration, comme les tubes à eau bouillante, les filtres d'aluminium ne suffisent même plus, et il devient nécessaire d'employer des filtres de zinc dont l'épaisseur peut aller jusqu'à cinq millimètres, ne laissant dans ces conditions passer qu'un rayonnement très dur et très homogène.

Plus le rayonnement, en effet, est pénétrant, plus il est homogène et meilleur sera le rendement ; aussi, moins il subira de modifications en qualité comme en quantité.

Guilleminot et Belot, qui ont bien étudié la question, sont arrivés à des résultats identiques, que l'on peut

résumer dans le tableau suivant pour l'aluminium :

1/10e de m/m	transmet	95 %	d'un rayonnement N°	VIII	qui reste à	VIII Benoist.
2/10e	—	85 à 90 %	—	VIII	—	VIII —
5/10e	—	80 %	—	VIII	qui devient	VIII 1/2 —
1 millimètre	—	65 %	—	VIII	—	IX —
5 millimètres	—	25 %	—	VIII	—	X —

Avec des rayons n° VII Benoist le rendement est moindre et varie de 85 % avec deux dixièmes de millimètre à 12 % avec 5 millimètres.

Il est également nécessaire de savoir quelle est la quantité de rayonnement transmise dans l'intérieur des tissus à travers les filtres, en tenant compte de l'épaisseur de ces tissus. Belot, faisant des mesures avec différentes épaisseurs d'eau (dont la densité est comparable à celle des tissus) est arrivé aux résultats donnés par le tableau suivant que nous lui empruntons:

Tableau des quantités transmises à l'intérieur des tissus par rapport au faisceau sortant de l'ampoule mesuré au-dessus du filtre.

Épaisseurs d'eau en centimètres.	Fractions transmises p. 100. Rayons N° VII Benoist.			
	Sans filtre.	Avec 3/10e	Avec 1 millimètre.	Avec 5 millimètres.
0	100	80	50	12
1	49	52	36	9,96
2	30	35,2	27	8,4
3	20	24	20	6,6
4	14	16	15	5,4
5	10	11,2	10	4,2
6	7	8	7,5	3.12
7	6	6,4	6,5	2,76
7	5	5,6	5,5	2,40
Degré Radiochronométrique Benoist.	7	7,5	8 à 8,5	10

On voit que la quantité de rayonnement transmise dans les tissus est faible par rapport à la quantité sortant de l'ampoule, mesurée au-dessus du filtre.

Lorsqu'on calcule au contraire la quantité de rayonnement qui passe dans les tissus par rapport à la dose qui frappe la peau, autrement dit par rapport au faisceau incident à la peau, mesuré par conséquent au-dessous du filtre, on constate que la quantité transmise est d'autant plus forte que le filtre est plus épais ; le tableau suivant le prouve :

Tableau des quantités transmises à l'intérieur des tissus par rapport à la quantité du rayonnement incident à la peau — mesuré à la peau sous le filtre.

Épaisseurs d'eau en centimètres.	Fractions de rayonnement VII Benoist transmise p. 100.			
	Sans filtre.	Filtre de 3/10e de millimètre.	Filtre de 1 millimètre.	Filtre de 5 millimètres.
0	100	100	100	100
1	49	64	75	83
2	30	44	55	70
3	20	30	40	55
4	14	20	29	45
5	10	14	20	35
6	7	10	15	26
7	6	8	13	23
8	1,5	7	11	20
Degré Radio-chronométrique Benoist.	7	7,5	8 à 8,5	10

Ces tableaux n'ont été faits que pour une épaisseur maximum de cinq millimètres d'aluminium. Mais on emploie aujourd'hui des rayonnements de plus en plus pénétrants avec lesquels il n'est pas rare d'utiliser des filtres ayant 8, 10 et même 12 millimètres d'épais-

seur d'aluminium ou cinq millimètres de zinc. Certaines formes de tumeurs cancéreuses, par exemple, paraissent ne réagir qu'à un rayonnement ultra-pénétrant, par conséquent fortement filtré. On voit donc que le dernier mot n'est pas dit en ce qui concerne la radiothérapie profonde. Les constructeurs rivalisent d'ailleurs en ce moment pour fournir aux spécialistes des bobines pouvant produire des rayons ultra-pénétrants.

On s'aperçoit de plus en plus qu'avec le cancer il faut frapper vite et fort. On peut disposer aujourd'hui d'appareillages puissants donnant trente-cinq et même quarante centimètres d'étincelle équivalente avec trois ou quatre milliampères dans le tube. Or ces données sont toutes récentes, et le calcul des fractions de rayonnement absorbées par les tissus, avec les filtres épais dont on se sert aujourd'hui, par rapport aux puissantes intensités dont on dispose, n'a pas encore été déterminé d'une façon absolue.

3° **Précautions à prendre pour la radiothérapie.** — Le filtre devra être choisi d'épaisseur convenable selon la région à traiter.

Pour la peau, on peut agir sans filtre, mais il est cependant préférable d'interposer un filtre mince de deux dixièmes de millimètre par exemple.

Pour le tissu cellulaire sous-cutané, quand la lésion est relativement superficielle, un filtre de un millimètre sera généralement suffisant.

Pour les lésions plus profondes, le choix de l'épaisseur du filtre devra être fait suivant la profondeur à laquelle on veut agir et suivant la nature de l'affection que l'on veut irradier : un fibrome de l'utérus pourra être traité avec un filtre de quatre ou cinq millimètres ; une tumeur gliomateuse de la moelle demandera facilement dix millimètres de filtre. Un cancer spino-cellulaire, forme grave, paraît aujour-

d'hui devoir être frappé brutalement avec des rayons très pénétrants demandant un filtre épais, et l'aluminium devenant insuffisant on devra généralement avoir recours aux filtres de zinc.

On aura soin de localiser rigoureusement la région irradiée, on se servira pour cela d'un des localisateurs en verre plombeux épais, à diamètres variables, que les constructeurs livrent, et dont les dimensions sont telles qu'elles maintiennent, lorsqu'ils sont appliqués sur la peau, l'anticathode à une distance fixe de celle-ci, généralement quinze ou vingt centimètres.

Cette distance fixe permet à chaque opérateur de pratiquer ses mesures dans des conditions de certitude beaucoup plus grandes. Lorsque la surface à traiter est irrégulière et que les localisateurs ne s'y appliquent pas parfaitement, on aura soin de protéger les régions voisines par des feuilles de plomb disposées de manière à circonscrire exactement la région irradiée, et séparées de la peau par des compresses de toile.

La pastille-mesure de Bordier doit être collée sur le tégument au centre de la région sur laquelle sont dirigés les rayons.

4° **Modes d'applications des rayons.** — Nous pouvons avec Cottenot, ramener à trois les différents modes d'application des rayons X dans la radiothérapie :

1° *La méthode des petites doses* souvent répétées qui consiste à faire des applications de deux ou trois unités H répétées tous les deux ou trois jours.

Indications : certaines névralgies, prurits, certaines dermatoses.

2° *La méthode des doses moyennes* qui consiste à appliquer en une seule fois la dose de cinq unités H,

avec ou sans filtres. La prudence conseille de ne les répéter que tous les vingt jours.

Indications : la plupart des dermatoses qui réagissent bien au traitement : certains cas de fibromyômes de l'utérus.

3° *La méthode des fortes doses* grâce à laquelle on peut faire absorber en une fois la plus forte dose possible de rayons. Plus la technique radiothérapique se perfectionne, plus on tend à avoir recours à cette méthode. L'emploi de filtres épais, l'éloignement de l'anticathode, les différentes voies d'accès par lesquelles on peut aborder une tumeur, sont autant de raisons qui permettent d'agir énergiquement.

Indications : c'est sur les tumeurs cancéreuses malignes que l'on doit agir à dose massive, brutale, énergique, plutôt qu'à des doses multiples fractionnées, faibles ou moyennes, alors même que la même quantité de rayons serait absorbée.

C'est ainsi qu'on irradie aujourd'hui des tumeurs, en leur envoyant des doses massives de 30, 40 et même 50 unités H, en une fois ou en deux séances très rapprochées.

Avec de pareilles doses, administrées d'un seul coup, il ne saurait se produire d'accoutumance de la part des tissus, et l'action du rayonnement est par le fait beaucoup plus efficace.

Mais on ne saurait trop recommander une localisation rigoureuse de la région à traiter ; de même qu'on ne saurait, avec des quantités analogues, irradier des surfaces tant soit peu étendues. Telle dose forte de 30 unités H par exemple, qui sera inoffensive pour le malade si elle est concentrée sur la surface d'un petit carcinôme malin de un ou deux centimètres carrés, risquera de provoquer des troubles sérieux si elle est envoyée par exemple sur une surface circulaire d'un diamètre de six à huit centimètres.

Autrement dit, une dose de rayons X peut être nocive non seulement en raison de la quantité du rayonnement que l'on fait absorber, mais aussi en raison directe de la surface irradiée.

La plus extrême prudence doit présider à toutes ces applications de la radiothérapie profonde par doses massives, car cette méthode est encore en pleine évolution, les problèmes qu'elle soulève sont nombreux et encore peu connus dans un grand nombre de leurs facteurs.

II. — Action des rayons X contre le cancer.

Modifications histologiques produites par les irradiations dans la constitution des cellules cancéreuses. — C'est spécialement à l'action destructive des rayons X que l'on s'adresse non seulement pour lutter contre la marche envahissante du cancer, mais pour l'attaquer de front et l'anéantir si possible.

Nous distinguerons parmi les cancers ceux qui se développent aux dépens des cellules épithéliales (épithéliomas) et ceux qui se développent aux dépens du tissu conjonctif (sarcomes).

I. **Épithéliomas.** — Les modifications observées dans les tumeurs épithéliomateuses à la suite d'irradiations, portent d'abord sur les cellules cancéreuses proprement dites, sur le tissu conjonctif qui leur sert de trame, et sur les vaisseaux.

Comme les cellules normales, les cellules cancéreuses sont *tuées* par une dose suffisante de rayons ; *arrêtées dans leur développement* par une dose moyenne ; *excitées dans leur fonctionnement* par une dose faible.

Histologiquement, sous l'action d'une dose suffisante, elles se déforment, leur contours s'estompent,

la chromatine du noyau, particulièrement sensible, se fragmente, ne se colore plus sous l'influence des réactifs, et tend à disparaître ; la cellule tout entière se disloque et présente un aspect fragmenté de petites masses protoplasmiques sans membranes, séparées par des éléments leucocytaires et des cellules conjonctives.

Le *tissu conjonctif*, lui, augmente et prolifère abondamment, formant une trame serrée englobant les cellules épithéliales dégénérées. On y rencontre aussi des leucocytes et des polynucléaires.

Les lésions vasculaires sont celles de l'artérite oblitérante rétrécissant la lumière des vaisseaux avec formation d'un tissu fibreux épais péri-vasculaire (Cottenot).

Tous les épithéliomas ne réagissent pas d'une manière analogue. Il est aujourd'hui universellement connu que les tumeurs à type baso-cellulaires, beaucoup plus radio-sensibles, sont celles qui sont le plus favorablement influencées par les radiations. Les tumeurs à type spino-cellulaire, au contraire, sont beaucoup plus résistantes, régressent bien plus difficilement, et récidivent fréquemment.

Traitement : Le traitement radiothérapique doit être tenté avant le traitement chirurgical, surtout lorsqu'on est en présence d'un épithélioma superficiel du type baso-cellulaire ou tubulé.

Il importe en effet au plus haut point, de différencier la variété de tumeur à laquelle on a affaire, car de la variété histologique dépendra la technique du traitement.

Les épithéliomas baso-cellulaires ont un développement lent sans engorgement ganglionnaire ni tendance à la généralisation à distance, mais qui proliférant sur place sont capables de causer de grosses pertes de substance, d'envahir une grande partie du

visage, détruisant le nez et le squelette osseux lui-même.

Les rayons doivent frapper vite et fort. On administrera une dose de dix à douze unités H d'emblée, filtrées avec quatre millimètres d'aluminium. Si l'épithélioma est ulcéré, on peut faire agir des doses plus fortes.

Le traitement chirurgical peut d'ailleurs être associé avec succès à la radiothérapie : l'exérèse d'abord, puis les irradiations aussi précoces que possible après l'enlèvement des fils, telle est la méthode qui donne les succès les plus constants. On peut se contenter d'un grattage à la curette suivi d'application de rayons (Belot et Chaperon).

Quand l'épithélioma sera superficiel sans extension dans la profondeur, on donnera dix à douze H tous les vingt jours sous un ou deux millimètres d'aluminium ; mais quand l'infiltration aura gagné la profondeur des tissus, il faudra agir plus énergiquement et donner jusqu'à vingt H filtrées sous quatre ou cinq millimètres d'aluminium.

Les baso-cellulaires guérissent ainsi dans la proportion de 90 à 95 p. 100.

Il n'en est pas de même des spino-cellulaires qui comprennent toute une série de tumeurs très malignes (cancroïde, épithélioma papillaire corné, nævo-carninome) avec extensions à distance, vermiottes, engorgements ganglionnaires rapides, sur lesquels les rayons à dose massive ont évidemment une action manifeste, mais qui récidivent presque toujours et se terminent par une généralisation la plupart du temps fatale.

On n'hésitera pas dans ces cas-là à donner des doses de 30 à 40 H, en filtrant fortement (dix à douze millimètres d'aluminium).

On tend de plus en plus à forcer la dose de rayonnement susceptible de détruire rapidement les cellules

cancéreuses en évitant toute excitation que produiraient des doses insuffisantes. Les ampoules à eau bouillante et les filtres de zinc permettent cette action énergique. Mais la technique définitive de ces applications n'est pas encore universellement adoptée.

Ces tumeurs d'ailleurs relèvent surtout du chirurgien. Ces épithéliomas siègent pour la plupart sur la partie inférieure du visage, lèvres, langue et muqueuse buccale. Ils sont peu sensibles à l'action des radiations et récidivent la plupart du temps.

Dans le cancer du sein, l'intervention chirurgicale doit toujours précéder la radiothérapie, qui n'agira que comme traitement complémentaire, détruisant les cellules que le bistouri a pu épargner et prévenant ainsi, au moins pour un temps, les récidives, qui, si elles se produisent, pourront disparaître d'autant plus facilement par la radiothérapie qu'elles auront été traitées plus rapidement et avec des doses plus énergiques.

II. **Les sarcomes.** — Tumeurs du tissu conjonctifs, les sarcomes sont constitués soit par des cellules rondes, soit par des cellules fusiformes, soit par des cellules polymorphes.

Les premiers sont les plus sensibles aux rayons et disparaissent facilement, surtout lorsqu'ils sont mous et saignants. Les seconds le sont moins, et résistent davantage aux applications. Quant aux troisièmes, ils ne se modifient que très difficilement.

La constitution cellulaire intervient donc dans le traitement des sarcomes comme dans celui des épithéliomas. La biopsie préliminaire est donc indispensable.

Histologiquement, les altérations cellulaires apparaissent rapidement, gonflement, déformation des noyaux, polynucléose, et mort de la cellule. Le tissu

conjonctif prolifère et les leucocytes deviennent très abondants.

Le traitement varie avec la nature de la tumeur. Si celle-ci est opérable, la radiothérapie ne doit intervenir qu'après l'acte chirurgical pour le compléter et prévenir les récidives. Si la tumeur est inopérable, les rayons X ou le radium sont les seules ressources capables de soulager et parfois même de guérir le malade.

Traitement. — Regaud et Nogier ont prouvé que les irradiations répétées atténuaient la radio-sensibilité des cellules sarcomateuses; d'autre part, il faut éviter les inconvénients résultant d'une diminution trop rapide de la tumeur. Ces auteurs préconisent la méthode suivante :

1° Application préalable d'une dose assez forte, dix à quinze H filtrées sous quatre à cinq millimètres d'aluminium.

2° Ablation chirurgicale de toute la partie accessible.

3° Seconde application de radiothérapie, analogue à la première, pratiquée environ un mois après, et qui doit détruire ce qui reste de la tumeur, celle-ci ayant par cette méthode conservé toute sa sensibilité.

III. — Action des rayons X sur les organes hématopoiétiques. — Traitement des leucémies.

L'hypertrophie et la congestion des organes hématopoiétiques d'une part, l'augmentation considérable du taux des globules blancs (leucocytes) d'autre part, telles sont les deux grandes caractéristiques des états leucémiques.

On distingue deux variétés de leucémies : la leucémie myéloïde et la leucémie lymphatique.

Leucémie myéloïde. — Cette affection se distingue par une hypertrophie de la rate qui peut

prendre des proportions parfois considérables; l'organe durcit et se dessine sous la peau de l'abdomen. Dans le sang on constate l'apparition de myélocytes qui ne se trouvent normalement que dans la moelle osseuse des sujets jeunes, et qui, chez les leucémiques se rencontrent dans la proportion de 50 à 80 p. 100. On ne rencontre généralement pas d'adénopathie.

Le traitement de choix est l'irradiation de la rate. Mais elle atteint parfois de telles proportions qu'il est impossible de la traiter tout ensemble. Il faut la diviser en secteurs que l'on irradie séparément, en recouvrant les autres de feuilles de plomb ou de caoutchouc plombeux. Chaque secteur doit recevoir une dose de trois ou quatre unités H par quinzaine. Il est nécessaire de distribuer bien régulièrement la même dose partout. On interposera un filtre de cinq millimètres d'aluminium.

Sous l'influence des radiations, la splénomégalie disparaît rapidement, « elle fond comme neige au soleil » (Béclère). En même temps on constate une diminution rapide des myélocytes dans le sang; et les globules rouges, dont le taux était fortement diminué, reviennent à leur taux sensiblement normal.

Ces résultats sont constants, avec eux l'état général du sujet redevient florissant. Mais ils ne sont pas très durables. Dans les cas les plus favorables ils peuvent néanmoins durer plusieurs années. En général la survie ne dépasse guère deux à trois ans. Les récidives sont fréquentes, elles sont moins bien influencées par la radiothérapie que la maladie initiale, et les malades meurent souvent de tuberculose aiguë.

Leucémie lymphatique. — Cette affection est caractérisée par des adénopathies généralement symétriques plus ou moins considérables et dans le

sang par une augmentation souvent très importante des leucocytes, qui peuvent atteindre le chiffre de 150 à 300.000 par millimètre cube. Les globules rouges tombent de quatre ou cinq millions, à trois millions ou trois millions et demi. Il y a également diminution du taux de l'hémoglobine. La rate peut dans certains cas être assez hypertrophiée, mais elle peut rester absolument normale ou ne subir que de légères modifications.

Le traitement consiste à irradier les masses ganglionnaires. Il est forcément long, car les adénopathies sont en général nombreuses. On doit aussi irradier la rate si elle est volumineuse, et c'est généralement elle qui revient le plus vite à son état normal.

On fait absorber aux ganglions la dose de trois unités H avec un filtre de deux ou trois millimètres d'aluminium. Ils fondent quelquefois assez vite, mais ce n'est pas la règle. Leur régression est plutôt lente. l'engorgement périganglionnaire diminue plus rapidement et l'état général s'améliore dans de notables proportions.

A côté des leucémies, les rayons X peuvent avoir une action marquée sur un certain nombre d'affections des ganglions, ou des éléments figurés du sang.

La *lymphadénie aleucémique* qui est caractérisée par une hypertrophie ganglionnaire sans leucémie, est très sensible aux radiations. Les doses à employer ne demandent pas à être considérables, cinq à six unités H filtrées tous les vingt jours, suffisent à faire régresser les tumeurs.

Le *mycosis fongoïde* qui jusqu'à l'apparition des rayons était considéré comme incurable et fatal à brève échéance, est très rapidement et très heureusement influencé par les rayons. Les tumeurs du mycosis généralement constituées par des lymphocytes, des mononucléaires, et des cellules conjonctives embryonnaires, fondent rapidement avec des

doses faibles de rayons. L'érythrodermie et le prurit disparaissent également en quelques jours. Mais vu l'étendue des lésions, les séances doivent être nombreuses. Dose : cinq à six unités H sous filtre mince de un millimètre.

Certains *états hémolytiques* enfin, et quelques cas d'anémie pernicieuse, ont pu être favorablement influencés par les rayons X en agissant sur les épiphyses des os longs ainsi que sur le sternum et les vertèbres, et en ne faisant absorber que des doses faibles, trois ou quatre unités H au maximum, fortement filtrées (méthode excitatrice).

IV. — Action des rayons X sur les fibromes utérins.

L'action des rayons X sur les fibromes a suscité des controverses retentissantes il n'y a encore que peu de temps à la Société de Chirurgie, où l'on ne manqua pas de se montrer assez sceptique à l'égard de la radiothérapie, tout en lui reconnaissant certains avantages.

C'est à M. A. Béclère que revient le mérite d'avoir pris la défense de la méthode nouvelle, d'avoir apporté des résultats d'une précision convaincante, et d'avoir résolument posé des règles de traitement qui sont aujourd'hui observées par la plupart des radiologistes.

On connaît l'action particulièrement vive des radiations sur les glandes génitales, testicules et ovaires. Il est bien démontré aujourd'hui qu'elles produisent l'atrophie de l'ovaire et du tissu fibromateux. A cette destruction de l'ovaire succèdera la ménopause artificielle, en même temps que l'action se produira sur la tumeur elle-même.

On doit donc, ainsi que l'a fixé M. A. Béclère, au contraire des radiologistes allemands qui ne s'attaquent qu'à l'ovaire, irradier à la fois les ovaires et la tumeur.

Technique. — Les Allemands procèdent par doses massives fortement filtrées et font des irradiations successives qui peuvent atteindre quatre et cinq heures. Cette méthode n'est pas sans dangers. Il est de beaucoup préférable de procéder par doses espacées en limitant la puissance de son rayonnement.

Comme pour la rate, si la tumeur est volumineuse, on la divisera en secteurs qui seront successivement irradiés, formant autant de portes d'entrée au rayonnement. Si le fibrome est petit, deux portes d'entrée, une de chaque côté de la ligne médiane, seront suffisantes.

On appliquera de la sorte, pour chaque secteur, la dose compatible avec l'intégrité de la peau. On utilisera un rayonnement pénétrant, que l'on filtrera par 7 millimètres d'aluminium. L'on peut ainsi faire absorber six à huit unités H tous les quinze ou vingt jours, et l'on poursuivra régulièrement les irradiations jusqu'à l'amélioration des symptômes.

Nous ne croyons pas utile d'employer contre les fibromes des doses massives plus élevées ou plus fortement sélectionnées. Nous n'avons pas affaire à une tumeur maligne contre laquelle il faille lutter coûte que coûte. Il faut avant tout éviter les accidents cutanés précoces ou tardifs qui sont trop souvent la conséquence d'irradiations trop intenses ou trop prolongées.

Résultats. — Le premier résultat constaté par le malade est la diminution des hémorragies, suivie plus tard de leur arrêt complet. En même temps la tumeur diminue de volume, aussi bien par suite de la castration ovarienne que sous l'influence directe des rayons qui la frappent. Elle régresse souvent assez vite. L'amélioration de l'état général s'accuse également d'une façon évidente : l'appétit revient, les douleurs disparaissent, et les malades engraissent.

Le traitement doit être poursuivi jusqu'à la disparition complète des règles et l'apparition des accidents qui accompagnent la ménopause naturelle ; il devra même être prolongé de quelques mois chez les femmes jeunes qui sont plus éloignées de l'âge critique. Si à ce moment-là la tumeur n'a pas complètement disparue, elle continuera souvent à régresser du fait accompli de la ménopause.

Les statistiques données par A. Béclère, Laquerrière, Belot, etc. sont extrêmement satisfaisantes. Elles parlent toutes de 95 à 97 p. 100 de guérison, avec une mortalité absolument nulle.

Les reproches que l'on a adressés à la radiothérapie ne tiennent pas devant un examen critique des faits. Et les perfectionnements de l'outillage actuel permettent d'écarter tout danger pour le malade, ce qui n'était pas toujours la règle autrefois.

V. — Action des rayons sur les glandes à sécrétion interne.

Corps thyroïde, maladie de Basedow. — La thérapeutique de la maladie de Basedow (goitre exhophtalmique) est entrée dans une phase nouvelle depuis la généralisation de la radiothérapie.

Auparavant la thérapeutique électrique seule était employée, et l'on doit dire qu'elle amenait souvent une sédation marquée des phénomènes généraux; elle consistait surtout en faradisation du plexus sympathique carotidien, d'après la méthode de Vigouroux. Mais on n'obtenait pas à proprement parler de régression de la tumeur du corps thyroïde. La radiothérapie elle-même, à ses débuts, n'obtint pas de succès beaucoup plus apparent. Mais en employant des doses fortes et des filtres épais, Cottenot, après Clunet et Raulot-Lapointe, obtint de bien beaux résultats. Aujourd'hui la radiothérapie

est de pratique courante dans le goitre exophtalmique.

Le traitement consiste à appliquer tous les vingt jours, une dose de six unités H de chaque côté de la tumeur thyroïdienne, en filtrant avec 3 ou 4 millimètres d'aluminium selon les rayons que l'on emploie, et que l'on doit régler suivant le volume de la tumeur.

On a conseillé aussi l'irradiation du thymus comme traitement complémentaire ayant son importance (Clunet).

Les résultats ne tardent pas à se produire, d'abord dans la sphère de l'irritabilité nerveuse et de l'éréthisme cardiaque, c'est-à-dire des troubles fonctionnels : les malades sont plus calmes, moins instables, moins irritables, ils dorment mieux ; l'oppression et la tachycardie diminuent, le pouls tombe de 120 ou 130 à 90 ou 100, parfois à 80, rarement moins. Mais les symptômes objectifs : l'hyperthyroïdie et l'exophtalmie sont plus longs à s'atténuer. Ils ne disparaissent jamais complètement, mais s'atténuent assez pour rendre la vie facile aux malades. Le traitement doit parfois être repris à intervalles plus ou moins éloignés, il est en tout cas toujours assez long et dure facilement plusieurs mois.

L'hypertrophie du thymus. — Cette affection se caractérise chez l'enfant par des signes graves de compression médiastine : toux rauque, cyanose, dyspnée intense avec crises de suffocation qui revêtent un aspect absolument critique. D'Œlnitz, Albert Weil, Ribadeau-Dumas et nous-même, avons obtenu des résultats rapides et excellents avec des doses relativement faibles de rayons X. Mais les résultats ne sont pas immédiats comme on s'est plu à le dire : si les symptômes fonctionnels graves disparaissent rapidement, il faut un certain nombre de

séances pour amener la réduction de la tumeur thymique, quatre ou cinq environ (Marfan).

Quand il s'agit d'adénopathie médiastine volumineuse ou de lymphadénome, la tumeur elle-même diminue dans des proportions considérables dès la première application. Mais il est souvent nécessaire d'appliquer des doses plus fortes d'emblée : l'état critique des enfants justifie d'ailleurs très bien cette manière de faire.

Sur le thymus nous appliquons des doses de 3 ou 4 unités H, filtrées sous 3 millimètres d'aluminium. Si l'enfant est tout petit, nous réduisons les filtres à 2 millimètres d'aluminium.

L'hypophyse a été irradiée par Gramegna, Béclère et Jaugeas dans des cas d'acromégalie et de gigantisme, mais les cas rapportés sont rares, la technique imprécise, et les résultats obtenus pour satisfaisants qu'on ait pu les signaler, doivent encore passer au crible de la critique.

Il en est de même de l'irradiation des capsules surrénales qui aurait donné à Zimmern et à Cottenot des résultats satisfaisants dans l'*hypertension artérielle*. Nous lui préférons la diathermie dont les effets nous ont paru jusqu'ici absolument remarquables.

VI. — Action des rayons X dans les dermatoses.

Nous ne saurions entrer ici dans le détail des traitements radiothérapiques en dermatologie. C'est une des plus anciennes conquêtes des radiations et sa fortune a été souvent diverse. En réalité ses applications doivent être restreintes et précisées (Broca). Elle constitue non pas une panacée universelle, mais un précieux adjuvant, et dans certains cas un agent qui devra être préféré à tous les autres (traitement des teignes).

Un des premiers résultats constaté à la suite des

applications de rayons X fut la chute des poils et des cheveux ; aussi les nouvelles radiations furent-elles tout naturellement employées pour combattre l'hypertrichose et produire l'épilation. Malheureusement le moyen dépassa parfois le but en raison de la sensibilité spéciale de certaines peaux. Il se produisit des radiodermites, alors que les plus minutieuses précautions avaient été prises ; aussi ne sommes-nous pas de ceux qui conseillent de recourir aux rayons X pour produire l'épilation, on court des risques pour des résultats qui ne sont pas toujours définitifs.

Le traitement des *teignes*, au contraire, est une des meilleures conquêtes de la radiothérapie. Il faut enlever les cheveux malades qui contiennent le champignon à l'état de spore, mais le cheveu est cassant et ne peut facilement être enlevé à la pince. Les rayons X les font tomber facilement, rapidement et sans douleur, et les applications peuvent être parfaitement réglées pour que l'épilation ne soit que passagère.

La dose nécessaire est celle de cinq unités H, définie par Sabouraud, et qui doit être uniformément répandue sur tout le cuir chevelu, ce qui rend la méthode assez délicate. Il faut procéder par secteurs successifs, car si les lésions sont répandues sur toute la tête, il faut faire tomber tous les cheveux. Cela fait, la désinfection de la région malade se pratique aisément, après quoi le cheveu repousse tout à fait sain.

Dans le *Favus* on peut également avoir recours à la radiothérapie pour l'épilation de la tête qui permet la destruction par les procédés antiseptiques de l'*Achorion*, cause du mal. Deux irradiations sont parfois nécessaires.

Mêmes applications pour le *sycosis parasitaire de la barbe*, toujours dans le même but.

Dans la Pelade au contraire, les rayons X sont

contre-indiqués en raison des dangers qu'ils font courir pour une action des plus douteuses.

Dans les *dermatoses infectieuses* (lupus tuberculeux, lupus érythémateux, tuberculose verruqueuse), les rayons sont un adjuvant utile, mais n'ont pas d'action spécifique, pas plus que dans l'eczéma et le psoriasis.

Le lichen plan, le lichen corné, les verrues planes et cornées, les verrues plantaires, peuvent être justiciables de la radiothérapie. Mais là aussi, les rayons ne sont qu'un adjuvant.

Dans les kératoses et les neuro-dermatoses, les rayons peuvent donner de bons résultats. Dans les prurits localisés surtout, la guérison complète peut être obtenue. Mais d'autres méthodes peuvent aussi bien réussir.

Nous pourrions passer toute la dermatologie en revue : les rayons y ont toujours été employés, mais avec des succès divers. Ils constituent évidemment une méthode utile de traitement, mais qui n'a rien de spécifique. Et ce n'est guère que dans la tricophytie teigneuse qu'ils devront être employés méthodiquement.

VII. — Les tuberculoses locales.

Les modifications produites dans les tissus tuberculeux soumis aux rayons X sont de deux ordres : il y a, d'une part, destruction des cellules du tubercule, et, d'autre part, prolifération du tissu conjonctif ; aussi, depuis quelques années, le traitement des tuberculoses locales, bien que préconisé depuis plus de dix ans, a-t-il pris une importance de plus en plus grande, et cela au plus juste titre (Cottenot).

Les *ostéo-arthrites* sont souvent guéries par les rayons X d'une façon aussi satisfaisante que par l'héliothérapie. Qui sait d'ailleurs si le mode d'action n'est pas sensiblement le même, et si dans les radia-

tions solaires, les éléments efficaces ne sont pas les plus courtes longueurs d'onde, c'est-à-dire celles qui se rapprochent le plus des rayons X.

En tout cas, les *ostéites des os courts*, les *spina ventosa*, les *ostéites des os longs*, sont très favorablement influencées par les rayons, comme en général toutes les lésions facilement accessibles, alors que la radiothérapie des lésions osseuses profondes (vertèbres) n'aboutit qu'à des échecs. Les résultats sont surtout importants dans les lésions superficielles du tissu osseux, elles se font attendre plus longtemps dans les altérations plus profondes de l'os.

Mêmes suppurées, les ostéites tuberculeuses sont justiciables de la radiothérapie (Albert Weil, Cottenot) et c'est une erreur de croire que chez les enfants les rayons entravent le développement ultérieur de la croissance osseuse.

La technique consiste à employer d'assez fortes doses : quinze à vingt unités H par mois sous filtre de trois ou quatre millimètres. Cottenot associe à la radiothérapie, l'immobilisation du membre en appareil plâtré, en pratiquant des fenêtres dans ce dernier pour faciliter l'accès du rayonnement.

Les *arthrites tuberculeuses* sont également bien influencées par la radiothérapie, à condition aussi qu'elles ne soient pas trop profondément situées. C'est ainsi que tumeurs blanches du genou, du poignet ou du coude sont très améliorées par les irradiations pratiquées de la même façon que pour les ostéites, alors, au contraire, que sur la coxalgie elles restent sans grand effet.

Cottenot a également signalé les bons résultats obtenus dans certaines synovites chroniques.

Enfin les formes ascitiques de la péritonite tuberculeuse chez l'enfant ont été traitées avec succès par les rayons X du tube Coolidge avec un rayonnement intense (Albert Weil).

Les *adénites chroniques*. La radiothérapie est particulièrement indiquée contre les adénites chroniques bien que ses succès ne soient pas constants. Les plus accessibles sont les adénites tuberculeuses à localisation périphérique, cervicale, axillaire ou inguinale. Les adénopathies trachéo-bronchiques relèvent également des radiations, mais leur accès est plus difficile. Lorsqu'elles sont volumineuses et localisées au médiastin, on obtient parfois des résultats surprenants.

La technique qui donne les meilleurs résultats sur les adénopathies périphériques consiste dans l'administration de fortes doses de rayons assez durs et filtrés sous deux ou trois millimètres d'aluminium.

La périadénite, la congestion péri-ganglionnaire, cèdent assez vite à cette technique. Les masses se fragmentent, forment une série de petits noyaux durs à consistance fibreuse, sur lesquels les rayons n'ont plus de prise. Ce sont des reliquats cicatriciels sans nocivité spéciale.

Les formes suppurées sont évidemment moins accessibles à cause de la collection purulente sur laquelle la radiothérapie est sans action.

Dans l'adénopathie médiastine surtout, quand les symptômes fonctionnels de compression menacent la vie du petit malade, il ne faut pas hésiter à frapper dur et fort. Sous l'influence d'un rayonnement pénétrant, la tumeur éclate pour ainsi dire. Au lieu d'une masse volumineuse confluente que l'on perçoit très bien à la radioscopie, on constate une fragmentation avec dispersion des fragments de la tumeur. Du même coup les symptômes fonctionnels s'atténuent et le traitement de ces formes d'adénopathies médiastines supérieures volumineuses, qui sont quelquefois prises pour des hypertrophies du thymus, compte parmi les plus beaux succès de la radiothérapie.

VIII. — Action des rayons X dans les affections du système nerveux.

La seule affection organique du système nerveux qui semble aujourd'hui réagir quelque peu aux irradiations profondes, est la syringomyélie. Mais il importe de faire le diagnostic du siège précis de la tumeur gliomateuse. De plus, la moelle est profondément située, admirablement protégée par les lames vertébrales et le canal osseux. Plus qu'avec n'importe quelle autre affection on devra par conséquent employer des rayons pénétrants et protéger la peau par des filtres épais.

J'emploie généralement des rayons IX ou X Benoist filtrés sous 12 millimètres d'aluminium ou 5 millimètres de zinc, et j'agis de chaque côté de la ligne médiane de manière à faire converger les rayons vers la partie médiane en évitant l'obstacle des apophyses épineuses.

Les résultats obtenus ne sont pas des plus brillants. Cependant après Delherm, Laquerrière, Beaujard et d'autres, nous avons obtenu sinon une guérison, du moins la régression de certains symptômes, de même qu'un arrêt dans l'évolution de la maladie. Mais ces résultats ne sont pas constants.

M. Babinski aurait obtenu également des résultats dans quelques cas de paraplégies spasmodiques consécutifs à des pachyméningites, ou à des traumatismes dont le siège avait pu être précisé à la radiographie (Delherm).

Plus importants sont les succès de la radiothérapie dans les névrites radiculaires, en particulier dans la sciatique.

D'une part l'action sédative des rayons est indiscutable contre l'élément douleur, d'autre part on observe d'une façon relativement fréquente des gué-

risons complètes (dix-neuf sur vingt-deux, d'après Zimmern et Cottenot).

L'action du rayonnement doit porter sur l'émergence des racines. Il doit être très pénétrant et très filtré, mais il n'est pas nécessaire de faire absorber de fortes doses. On pourra par contre les renouveler plus souvent.

Nous avons nous-même obtenu des améliorations notables dans des cas de sciatiques radiculaires. Nous avons aussi traité avec succès des névralgies du trijumeau. Mais dans ces cas de douleurs névralgiques, même lorsqu'elles sont d'origine radiculaire, rien ne nous a paru aussi souverainement efficace que les applications de diathermie, applications qui ont, en plus, l'avantage d'être absolument sans danger.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

Pages.

DEUXIÈME PARTIE

LES EXAMENS RADIOSCOPIQUES

TROISIÈME PARTIE

LA RADIOTHÉRAPIE

Bibliothèque des Connaissances médicales

DIRIGÉE PAR LE DOCTEUR APERT

AVERTISSEMENT

La librairie Flammarion entreprend, sous le titre de *Bibliothèque des Connaissances médicales*, la publication d'une série de volumes sur les sujets les plus intéressants des sciences médicales ; la liste des premiers volumes parus ou en préparation, telle qu'on la trouvera ci-dessous, montrera que les auteurs qui ont bien voulu nous apporter leur collaboration, appartiennent au corps enseignant de nos Facultés et Ecoles de Médecine, ou au corps médical de nos hôpitaux ; elle témoigne à elle seule de la compétence et de la conscience avec laquelle sont écrits ces volumes.

Ils sont rédigés de telle sorte que leur lecture, non seulement soit intéressante et fructueuse pour les médecins et pour les étudiants en médecine, mais aussi soit accessible au grand public cultivé, dépourvu de connaissances spéciales, mais apte, par une bonne instruction générale, à comprendre des sujets scientifiques spéciaux, pourvu qu'ils soient clairement exposés.

Il a suffi pour cela d'exprimer en français usuel les choses telles qu'elles sont, en n'employant les mots techniques indispensables qu'après avoir expliqué leur signification, et en débarrassant le style médical de ces formules cabalistiques héritées de nos pères,

conservées par la tradition, respectables certes du fait même de leur ancienneté, mais qu'il y a intérêt à abandonner comme nous avons abandonné la robe doctorale et la perruque.

Nous sommes convaincus, en agissant ainsi, de satisfaire les médecins eux-mêmes. La science médicale s'est dans ces dernières années tellement perfectionnée, et forcément tellement compliquée; elle s'est subdivisée en tant de spécialités particulières dont chacune a son langage spécial, que bien des médecins praticiens n'ont pu suivre le détail de cette évolution, et seront heureux de trouver exposées dans ces volumes les notions récemment introduites en médecine, dépouillées d'une nomenclature trop spéciale et trop technique.

Rien ne s'oppose à une telle simplification et clarification du langage médical. La médecine n'est plus maintenant ce qu'elle a été trop longtemps, une sorte d'art hermétique. Au temps des bonnets pointus plus récemment même, au temps de la redingote, de la cravate blanche, du tube, et de l'allure sacerdotale, le médecin se souciait peu d'expliquer au malade des faits qui pour lui-même restaient le plus souvent inexplicables, et il se contentait d'édicter comme un oracle des prescriptions quelque peu sybillines.

Aujourd'hui, la médecine est devenue sur bien des points, sinon une science exacte, tout au moins un art s'appuyant sur des notions scientifiquement démontrées. Le médecin doit pouvoir les concevoir et les retenir clairement, et les exposer non moins clairement aux malades et à leur entourage, de plus en plus avides de connaissances médicales, et de mieux en mieux renseignés sur les choses de la médecine. Mieux éclairés, ceux-ci appliqueront avec une

compréhension plus complète les prescriptions médicales et il y aura tout profit, et pour les malades, et pour les médecins, et pour la santé nationale.

Malheureusement, quels que soient le zèle et le dévouement du médecin, le temps lui manque la plupart du temps pour pouvoir expliquer par le menu à son malade même cultivé, mais dépourvu de notions préalables nécessaires, ce qu'il y a intérêt à ce que celui-ci sache des origines, des retentissements, des conséquences de son mal ; des volumes, comme ceux que nous offrons à la fois au public médical et au public non médical, aideront à satisfaire ce besoin et donneront au grand public les notions fondamentales indispensables pour comprendre et appliquer avec fruit les explications et les recommandations du médecin.

Je sais bien que d'aucuns craignent la diffusion d'une science insuffisante, qui, dans des mains bien intentionnées, mais peu expertes, risquerait de devenir trop audacieuse. Mais le meilleur moyen de remédier à cet inconvénient n'est-il pas justement d'instruire mieux le grand public, et de lui faire comprendre que la meilleure part de la science médicale est moins faite de thérapeutique et de médications (qui demeurent, sous peine de désastres, l'apanage du médecin), que de prophylaxie et de prescriptions hygiéniques, qui, justement, ne peuvent donner leur pleine efficacité que par la diffusion la plus grande possible des notions médicales fondamentales.

Ce sont ces grandes notions médicales qu'à l'occasion des maladies les plus fréquentes, les plus importantes et les mieux connues, nous exposerons dans ces volumes. Qu'on ne se méprenne donc pas. On n'y trouvera pas des « recettes » permettant aux profanes de se soigner eux-mêmes ; le traitement propre-

ment dit, et surtout le traitement médicamenteux, doit être approprié à chaque malade en particulier, car chaque malade diffère du voisin par son tempérament, par ses antécédents, par les associations morbides éventuelles, etc.; une telle appropriation du traitement au malade ne peut être faite que par le médecin traitant et reste variable avec chaque malade. Les malades, certes, pourront lire avec fruit ceux de ces volumes qui concernent leur mal; ils n'y trouveront pas le moyen de se passer du médecin, mais celui très appréciable de profiter plus utilement de ses avis.

Plus encore qu'aux malades, nous nous adressons aux personnes de plus en plus nombreuses qui veulent s'instruire sur l'état actuel des connaissances médicales, en considérant qu'étant hommes rien d'humain ne doit leur être étranger. Qu'y a-t-il de plus humain que le corps humain lui-même, et de plus intéressant pour l'homme que l'étude de sa propre personne, de ses merveilles — car le corps humain en est plein, — et de ses tares éventuelles — non moins nombreuses malheureusement?

La soif de telles connaissances est naturelle, mais le public ne pouvait guère la satisfaire jusqu'à présent que par des breuvages mal appropriés, indigestes pour son estomac non accoutumé s'ils étaient vraiment scientifiques, ou déplorablement incomplets ou même falsifiés dans le cas contraire. Nous avons donc conscience, avec la nouvelle bibliothèque, de répondre à un besoin inassouvi du public éclairé, et nous avons le ferme espoir qu'elle trouvera près de lui bon accueil.

Docteur APERT.

VOLUMES PARUS :

— APERT, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades. *Vaccins et Sérums.*

— RATHERY, professeur agrégé à la Faculté, médecin de l'hôpital Tenon. *Le Diabète sucré.*

— DUHEM, radiologiste de l'hôpital des Enfants-Malades. *L'Emploi des Rayons X en médecine.*

— DUBREUIL CHAMBARDEL (de Tours). *Les Scolioses.*

VOLUMES EN PRÉPARATION :

— BABONNEIX, médecin de l'hôpital de la Charité. *Les Chorées.*

— BAUDOIN, professeur agrégé à la Faculté de Paris, médecin de l'hospice de Brévannes. *La Douleur et les Névralgies.*

— BENSAUDE, médecin de l'hôpital Saint-Antoine et RIVET, médecin des hôpitaux. *Entéritiques et constipés.*

— BLECHMANN, ex-chef de clinique de la Faculté. *Les Péricardites.*

— CAUSSADE, médecin de l'Hôtel-Dieu, et COTONI, de l'Institut Pasteur. *Les Congestions et œdèmes pulmonaires.*

— CESTAN, professeur à la Faculté de Toulouse. *Les Épilepsies.*

— CRUCHET, professeur à la Faculté de Bordeaux. *Les grandes figures médicales, d'Hippocrate jusqu'à nos jours.*

— DUCOURNAU, chef de clinique à l'École de Stomatologie. *Dents et maux de dents.*

— LAIGNEL-LAVASTINE, professeur agrégé à la Faculté, médecin de l'hôpital Laënnec. *Sécrétions internes et psychonévroses.*

— Léri, professeur agrégé à la Faculté, médecin de l'hôpital Cochin. *Les Rhumatismes chroniques.*

— Lian, médecin des hôpitaux et André Finot. *l'hypertension artérielle.*

— Louste, médecin de l'hôpital Saint-Louis. *Les Eczémas.*

— Milian, médecin de l'hôpital Saint-Louis. *L'hérédité syphilitique.*

— Nobécourt, professeur de clinique infantile à la Faculté, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades. *Les syndromes endocriniens chez les enfants.*

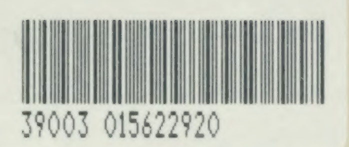
— Ribadeau-Dumas, médecin de la Maternité. *Les débuts de la tuberculose infantile.*

— Ribierre, professeur agrégé à la Faculté, médecin de l'hôpital Laënnec. *L'insuffisance cardiaque.*

— Clément Simon, médecin de Saint-Lazare. *La Syphilis.*

— Stévenin, ex-chef de clinique de la Faculté. *La Coqueluche.*

9226. - Paris. — Imp. Hemmerlé, Petit et Cie. (3-22).



39003 015622920